Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Philipps-Universität Marburg
Geschäftsführender Direktor:
Prof. Dr. med. Dr. med. dent. H.-J. Hering

GRUNDLAGEN ZUR ARTIKULATIONSLEHRE ZUM GEBRAUCH VON ARTIKULATOREN DARGESTELLT AM KONZEPT DES STUART-ARTIKULATORS

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg
vorgelegt von

MEINOLF NAGEL
aus Verl/Kreis Wiedenbrück

Marburg 1979

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Philipps-Universität Marburg
Geschäftsführender Direktor:
Prof. Dr. med. Dr. med. dent. H.-J. Hering

GRUNDLAGEN ZUR ARTIKULATIONSLEHRE ZUM GEBRAUCH VON ARTIKULATOREN DARGESTELLT AM KONZEPT DES STUART-ARTIKULATORS

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg
vorgelegt von

MEINOLF NAGEL
aus Verl/Kreis Wiedenbrück

Marburg 1979

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Angenommen von dem Fachbereich Humanmedizin der
Universität Marburg/Lahn am 28. Mai 1979
gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches.
Dekan: Prof.Dr.med. F. Neurath
Referent: Prof.Dr.med.dent. K. Lehmann
Correferent: Dr.med. Dr.med.dent. H.J. Hering

Für meine Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546017_0048

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung und Problemstellung	1
2.	Anatomie	4
2.1.	Processus condylaris	6
2.2.	Die Fossa und Eminentia articularis	7
2.3.	Der Discus articularis	8
2.4.	Die Ligamente	11
2.5.	Die Muskulatur	13
2.5.1.	Der Musculus masseter	15
2.5.2.	Der Musculus temporalis	17
2.5.3.	Der Musculus pterygoideus medialis	19
2.5.4.	Der Musculus pterygoideus lateralis	21
2.5.5.	Die Suprahyoidmuskulatur	22
2.6.	Die funktionelle Anatomie des Kiefergelenks	25
2.6.1.	Die Grundbewegungen	26
2.6.2.	Die funktionellen Bewegungen	27
2.6.3.	Die Analyse der Muskelfunktion	29
2.7.	Die Grenzbewegungen des Unterkiefers	30
2.8.	Definitionen	36
2.8.1.	Der Kondylenbahnneigungswinkel	36
2.8.2.	Der Arbeitskondylus	36
2.8.3.	Der Balancekondylus	36
2.8.4.	Die Mediotrusionsbewegung	37
2.8.5.	Der Bennettwinkel	37
2.8.6.	Der Fischerwinkel	37
2.8.7.	Die Bennettbewegung	37
2.8.8.	Die side-shift	38
2.8.9.	Zentrische Relation, retrudierte Kontaktposition, zentrische Bißnahme	40

Seite

3. Geräte zur Reproduktion von Kieferbewegungen 40
3.1. Die ersten Artikulatoren 44
3.2. Die ersten einstellbaren Artikulatoren 47
3.3. Der SNOW-Gesichtsbogen 49
3.4. GYSI 51
3.5. Die ersten teiljustierbaren Artikulatoren 53
3.6. Die terminale Scharnierachse 55
3.7. Heute gebräuchliche Artikulatoren und Diskussion ihrer Konzepte 57
3.7.1. Dentatus-Artikulator 57
3.7.2. Whip-Mix-Artikulator 61
3.7.3. Kondylator nach GERBER 63

4. STUART-Konzept 69
4.1. Entstehungsgeschichte des STUART-Artikulators 69
4.2. Übertragungsbogen 70
4.3. Pantograph 73
4.4. STUART-Artikulator 76
4.5. Vorgehen am Patienten 83
4.5.1. Alginatabdrücke 83
4.5.2. Terminale Scharnierachse und ihre Lokalisierung 85
4.5.3. Gesichtsbogenübertragung 91
4.5.4. Einstellen des Artikulators auf den Gesichtsbogen und Eingipsen des Oberkiefermodells 94
4.5.5. Lucia-Jig und Zentrikbißnahme 96
4.5.6. Eingipsen des Unterkiefermodells und der beiden anderen Modelle mit dem Zentrikbiß 100
4.5.7. Anlegen des Pantographen am Artikulator 101
4.5.8. Anlegen des Pantographen am Patienten und Aufzeichnen der Grenzbewegung 107

Seite

4.5.9. Einstellen des Artikulators auf die aufgezeichneten individuellen Unterkieferbewegungen 111

4.5.10. Ausfüllen der Registrierkarte 122

4.5.11. Die einzelnen Phasen einer pantographischen Aufzeichnung 123

4.5.12. Pantographische Registrate von fünf Probanden 135

5. Diskussion der Grenzbewegungen 140

6. Anwendung des STUART-Artikulators in der Praxis 149

7. Zusammenfassung 151

8. Literaturverzeichnis 153

1. Einleitung und Problemstellung

Seitdem der erste Artikulator gebaut worden ist, beherrscht die wissenschaftliche Zahnheilkunde das Problem, ob das, was ein Artikulator an Bewegungskapazität bietet, mit dem übereinstimmt, was der Patient an Unterkieferbewegungen durchführen kann. In letzter Zeit hat die Artikulationslehre wieder eine stärkere Beachtung gefunden, nachdem sie lange Zeit ein stiefmütterliches Dasein geführt hat. Durch Anregungen und Bemühungen aus der Praxis hat die Universität dieses Thema aufgegriffen und versucht es nun wissenschaftlich aufzuarbeiten.

Die vorliegende Arbeit ist dadurch entstanden, daß zunächst eine vergleichende Untersuchung über den Kondylenbahnneigungswinkel gemacht werden sollte. Dieser Winkel wurde intraoral mit Wachsscheckbissen am Patienten abgegriffen und auf Modelle übertragen die im Dentatus-Artikulatur scharnierachsen- und schädelbezüglich einartikuliert waren. Die Werte, die so gefunden wurden, sollten mit extraoral-graphisch aufgezeichneten Werten entsprechend der Gerber-Methode verglichen werden. Als dritter Vergleichswert sollten Röntgenaufnahmen nach Parma dienen.

Die Werte, die sich aus der Untersuchung ergaben divergierten so stark, daß Überlegungen angestellt werden mußten, wo Fehler liegen könnten - zumal eine andernorts durchgeführte Untersuchung mit einer ähnlichen Methode fast identische Werte für die verschiedenartig registrierten Gelenkbahnneigungen untereinander ergeben hatte.[1)]

[1)] Setz, D.: Vergleichende Untersuchungen über die Messung der Gelenkbahnneigung, in Dtsch. zahnärztl. Z. 26, 187-190, 1971

Eine Hauptursache für die von uns gefundenen Unterschiede liegt meines Erachtens darin, daß man mit der Wachscheckbißmethode eine bogenförmige Bewegung auf eine geradlinige reduziert. Zum anderen ist die Protrusionsbewegung keine Grenzbewegung und daher - zumindest für die Horizontalebene - nicht identisch reproduzierbar. Ein ähnliches Problem ergibt sich bei der graphischen Aufzeichnung der Kondylenbahn in der Sagittalebene. Man erhält eine sinus-ähnlich geformte Kurve, die dann mit dem Lineal zu einer geraden Linie umgestaltet wird. Je nachdem, wie man diese Gerade anlegt, erhält man unterschiedliche Werte.[1)]
Die Röntgenaufnahme des Kiefergelenks ist eine zweidimensionale Reproduktion eines dreidimensionalen Gebildes. Eine Untersuchung des Kondylenbahnneigungswinkel mit Röntgenaufnahmen des Kiefergelenks, die zwei Positionen festhält - die Startposition und einen Punkt auf der Protrusionsbahn entsprechend dem genommenen Wachsbiß - beinhaltet zum einen die gleichen Fehler wie bei der Messung des Winkels mit Wachsbissen im Artikulator und bringt darüberhinaus noch die Fehler der Röntgenapparatur mit ein.

Die aufgeführten Gründe und vor allen Dingen die Reduktion einer dreidimensionalen Bewegung auf eine zweidimensionale scheinen für die unbefriedigenden Ergebnisse verantwortlich zu sein.

Das Studium der Geschichte der Artikulatoren ergab dann, daß es bereits in den dreißiger Jahren Forscher gegeben hat, die versuchten, die dreidimensionale Unterkieferbewegung aufzuzeichnen und auf einen Artikulator zu übertragen - gemäß einer Anregung von GYSI.[2)] Die Beschäftigung mit dieser

---

1) siehe dazu Abb. 29, S. 66

2) Gysi, A.: Artikulation. Aus: Handbuch der Zahnheilkunde. Hrsg.: Partsch, C., Bruhn, Ch. und Kantorowicz, A., J.F. Bergamnn, München 1930

Materie ergab sich somit konsequent aus der allgemeinen Problematik der beabsichtigten Untersuchung.

Grundlage für die vorliegende Arbeit ist der STUART-Artikulator, der eine dreidimensionale Aufzeichnung der Unterkieferbewegung mittels eines Pantographen und deren Reproduktion erlaubt. Dieser Artikulator wurde gewählt, weil er sich seit 1955 in der Praxis bewährt hat und weil die Möglichkeit bestand, die Ideen seines Erfinders, der die Anfänge der Artikulationsforschung miterlebt und geprägt hat, in einem einwöchigen Kurs direkt von ihm vermittelt zu bekommen.

Die deutschsprachige Literatur beschäftigt sich mit dem STUART-Artikulator bisher in Veröffentlichungen von SCHREIBER[1] und MOSER u.a.[2] - mit der dreidimensionalen graphischen Pantographie in zwei weiteren von KOECK[3]. Die vorliegende Arbeit soll die anatomischen Grundlagen für das Verständnis der Unterkieferbewegung vermitteln. Sie soll an Hand der Geschichte der Artikulatoren die Entwicklung und den heutigen Stand verdeutlichen, mit der Beschreibung des STUART-Konzepts den Gebrauch dieses Artikulators erklären und in der Diskussion der graphischen Aufzeichnungen deren Bedeutung hervorheben. Ziel der Arbeit war es, aus der Summe zum Artikulationsproblem bestehenden Einzelveröffentlichungen, die vorwiegend im wissenschaftlichen Schrifttum der USA zu finden sind, eine zusammenhängende Darstellung der Problematik in deutscher Sprache zu erarbeiten.

---

1) Schreiber, S.: Untersuchung über die Registrierung u. Reproduzierbarkeit einer sog. Bennettbewegung des Unterkiefers. Dtsch. zahnärztl.Z. 29, 827 (1974)

2) Moser, F. u.a.: Vergleichende Untersuchung der Registrierung nach Swanson-Wipf und der pantographischen Aufzeichnung nach Stuart. Schweiz.Mschr. Zahnheilk. 85, 1250 (1975)

3) Koeck, B.: Die initiale Bennettbewegung - eine Untersuchung mit dem Denar-Artikulator. Dtsch.zahnärztl.Z. 29, 997 (1974); Der Fischer-Winkel eine klinisch-experimentelle Untersuchung. Dtsch. zahnärztl.Z. 30, 266 (1975)

2. Anatomie

Das Kausystem besteht aus verschiedenen Organsystemen und hat unterschiedliche Funktionen zu erfüllen. Zu den Funktionen die es zu erfüllen hat, gehören: Kauen, Sprechen, Atmen, Schlucken, reflektorische Kontrollbewegungen, sekundäres Geschlechtsmerkmal, kosmetische und ästhetische Funktion.

Die zugehörigen Organsysteme sind: die Knochen, die Muskeln und Bänder, das Gefäß-Nervensystem. Im folgenden soll eine kurze anatomische Beschreibung gegeben werden, wobei der Schwerpunkt entsprechend dem Thema dieser Arbeit auf das Kiefergelenk gelegt wird.

Voss-Herlinger[1] stellt in allgemeinen Betrachtungen fest: "Das Knochen- oder Skelettsystem umfaßt alle Knochen, Gelenke und Bänder, Organe, die durch die gleiche Funktion ausgezeichnet sind, ein Stützgerüst zu bilden und Bewegung zu ermöglichen." John Vincelli[2] fügt hinzu: "Das Skelett oder das Gerüst des stomatognathen Systems besteht aus Knochen, Kiefergelenke und Zähnen. Da die Zähne mit Hilfe des ligamentösen Halteapparates mit dem Knochen verbunden sind, können die Zähne ebenfalls als Gelenke einfacher Bauart betrachtet werden und dem knöchernen System zugeordnet werden. Das knöcherne System dient dazu, die Gewebe des Körpers zu stützen und der Schwerkraft mit einem Minimum an Energieaufwand entgegenzuwirken. Nur das knöcher-

---

1) Voss u. Herlinger: Taschenbuch der Anatomie, Gustav Fischer Verlag Stuttgart, Band I 1958, S. 4

2) Vincelli, J.:
- Concept of Normal (Correct) Temperomadnibular Joint Anatomy and Temperomandibular Function. aus: Kornfeld, Mouth Rehabilitation. vol. two, S. 722

ne System hat diese spezielle Aufgabe."

Der Oberkiefer ist mit dem Gesichtsschädel, Cranium, knöchern über Synostosen starr verhaftet, wohingegen der Unterkiefer mit dem Oberkiefer beweglich über die beiden Kiefergelenke verbunden ist. Die Kiefergelenke stellen die Drehpunkte und die Mandibula den Hebel dar. Die Zähne sind der Ort der Kraftausübung. Über die Bewegungskapazität des Unterkiefers kann man zunächst wie bei allen Gelenken nach Voss-Herlinger[1] folgende allgemeine Feststellung machen: "Das Ausmaß der Bewegungen und der Zusammenhalt des Gelenkes (Sicherung gegen Verrenkungen), das, was man als Führung des Gelenkes bezeichnet, ist abhängig

1. von der Form der knöchernen Gelenkkörper: Knochenführung;
2. von der Stärke und Anordnung der Bänder: Bandführung und
3. von der Anordnung und dem Zustand der auf das Gelenk wirkenden Muskeln: Muskelführung."

Die artikulierenden Bestandteile des Kiefergelenks sind nach Sicher[2]

1. der Processus condylaris,
2. Fossa und Eminentia articularis und das Tuberculum articulare und
3. der Discus articularis.

---

1) Voss u. Herlinger, Band I, S. 20

2) Sicher, H.:
Functional Anatomy of the Temperomandibular Joint.
aus: The Temperomandibular Joint, Bernard G. Sarnat, Charles C. Thomas, Publisher, Springfield, Ill. USA, S. 28 ff

2.1. Processus condylaris

Der obere und vordere Teil des Kieferköpfchens der Mandibula bildet mit dem halbzylindrisch geformten Processus condylaris die artikulierende Oberfläche des Unterkiefers. Der Kondylus ist ca. 15 - 20 mm lang und 8 - 10 mm dick und seine Längsachse steht im rechten Winkel zum Ramus mandibulae. Die Achsen der Kondylen bilden an der anterioren Zirkumferenz des Foramen magnum einen stumpfen Winkel von 145 - 160°. Der Kondylus ist in anterioposteriorer Richtung stark konvex und in mediolateraler Richtung leicht konvex. Die laterale Konvexität zeigt sich häufig auch als eine mehr oder weniger starke zeltartige Formation der Kondylenoberfläche, die dann in einen medialen und lateralen Abhang geteilt ist und eine sagittale Crista bildet. Die artikulierenden Oberflächen zeigen abwärts und vorwärts, so daß im Profil der Nacken der Mandibula wie nach vorn gekrümmt aussieht. (Dies wird in Röntgenbildern häufig als "Flötenschnabel" fehlinterpretiert.) Der laterale Pol des Kondylus ist nur leicht prominent über die äußere Oberfläche des Ramus hinaus. Er ist rauh, wegen der Befestigung des Discus und des Ligamentum temperomandibulare. Der mediale Pol des Kondylus überragt beträchtlich die innere Oberfläche des Ramus.

Variationen in der Kondylengestalt sind häufig; die meisten Unregelmäßigkeiten in der knöchernen Struktur sind jedoch durch die dicke Bedeckung mit Faserknorpel verdeckt.

2.2. Die Fossa und Eminentia articularis

Die artikulierende Oberfläche des Os temporale liegt vor dem Os tympanicum auf der Squama temporalis und umfaßt die konkave Fossa articularis und das konvexe Tuberculum articulare.

Der hintere Teil der Fossa wirft sich zu einem Kamm auf, der posterioren Fossalippe. Bei den meisten Menschen ist die posteriore Fossalippe am lateralen Ende höher und dicker und kann im Profilbild als ein konischer postglenoidaler Processus zwischen Fossa articularis und Os tympanicum gesehen werden. Von großer Bedeutung ist die Tatsache, daß das Dach der Fossa immer sehr dünn ist, und gegen das Licht gehalten translucent ist. Dieser Teil der Schädelbasis, der sehr leicht verletzt werden könnte, ist auf verschiedene Arten geschützt. Die Basis der Fossa wird anterior und posterior durch die beiden Tuberkula und lateral durch den Prozessus zygomaticus des Os temporale geschützt. Ferner schützt auch die Synovialflüssigkeit, indem sie den Druck gleichmäßig verteilt, ebenso wie der Discus. Vincelli[1)] hat mit seinem Versuch nachgewiesen, daß dieser Teil des Gelenkraumes bei einem normalen Gelenk niemals in Mitleidenschaft gezogen werden kann. Er brachte Abdruckmaterial in die Fossa, setzte die Kondylen in der kranialsten Position dagegen und fand heraus, daß der dickste Teil des so entstandenen "Gummi-Discus" genau dort lag, wo die Basis der Fossa am dünnsten ist.

Die laterale Begrenzung der Fossa stellt sich manchmal als eine enge und niedrige Erhebung dar. Medial verjüngt sich die Fossa beträchtlich und wird durch die knöcherne Lippe begrenzt.

---

1) Vincelli, J.: Temperomandibular Joint Anatomy, Kornfeld, vol. II, S. 744-745

Anterior setzt sich die artikulierende Oberfläche in Form der Eminentia articularis fort, einer transversal verlaufenden Knochenstruktur, die als mesiale Wurzel des Arcus zygomaticus betrachtet werden kann. Die Eminantia ist stark konvex in anterioposteriorer Richtung und wenig konkav in mediolateraler Richtung. Der Grad der Konvexität ist sehr variabel. Die anteriore Begrenzung der Eminentia ist in der Regel unbestimmt. Dies ist wichtig bei der Artikulation, wenn sich bei weiten Öffnungsbewegungen der Kondylus samt Discus auf oder sogar bis vor das Tuberculum articulare bewegen.

2.3. Der Discus articularis

Der Discus articularis ist eine faserknorpelige bikonkave Scheibe. Der mittlere Teil ist immer beträchtlich dünner als der periphere; der posteriore Anteil ist besonders dick, da er mit dem tiefen Teil der Fossa korreliert. Die hintere Discusgrenze variiert in der Stärke. Die Variation scheint der Prominenz der Eminentia zu entsprechen; je prominenter das Tuberculum, um so dicker die posteriore Discusbegrenzung. Anterior ist der Discus an der Gelenkkapsel befestigt, und steht dort mit der Sehne des oberen Kopfes des M. pterygoideus lateralis in Verbindung. Posterior setzt sich der Discus in ein dickes Polster aus stark vaskularisiertem Bindegewebe fort, das den Discus beweglich mit der Kapsel verbindet. Man kann sagen, daß der Discus im posterioren Teil zweigeteilt ist. Der obere Teil ist am Os temporale befestigt und der untere an der posterioren Oberfläche des Collum mandibulae. Diese beiden hinteren Köpfe des Discus stehen mit der Gelenkkapsel in Verbindung. (Abb. 1)

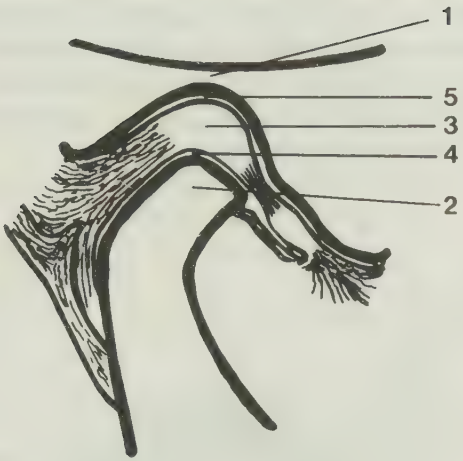
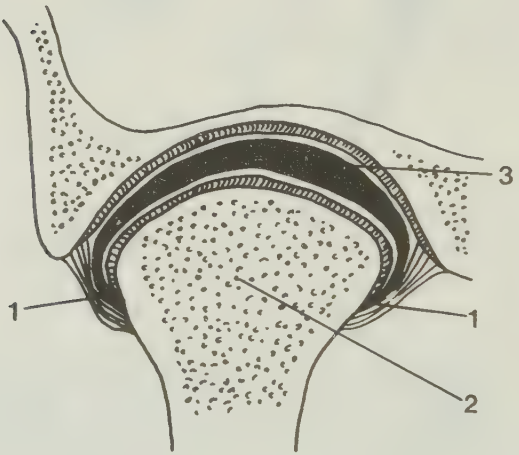


Abb. 1: Schematische Darstellung eines Kiefergelenks im Sagittalschnitt. Der Raum zwischen Fossa (1) und Kondylus (2) wird vom Discus (3) ausgefüllt, der das Gelenk in zwei Teile teilt. In der unteren Gelenkabteilung (4) findet zwischen Discus und Kondylus die Rotationsbewegung statt. In der oberen Gelenkabteilung (5) findet zwischen Schädelbasis einerseits und Discus plus Kondylus andererseits die Translationsbewegung statt. Zwischen Discus und Kondylus und Fossa befindet sich Synovialflüssigkeit, die u.a. auch die Ernährung der Knorpelschichten und des Discus articularis übernimmt. 1)

---

1) Abbildung 1 - 3 und 5 - 9 aus:
Kawamura, Y., Momdibular Movement: Normal Anatomy and Physiology and Clinical Dysfunction. aus: Facial Pain and Mandibular Dysfunction Laszlo Schwarz, Charles Chayes, W.B. Saunders Company, 1968, S. 50

Lateral und medial hat der Discus keine direkte Verbindung mit der Kapsel, sondern ist mit den Polen des Kondylus verbunden. Diese anatomische Gegebenheit ermöglicht es dem Kondylus, den Discus als transportable Gelenkpfanne bei der Translationsbewegung mit sich zu führen (Abb. 2).



Schematischer Querschnitt des Kiefergelenks

Abb. 2: Der Discus ist an den lateralen Polen (1) des Kondylus (2) angeheftet. Dadurch wird der Discus (3) auch passiv bei Translationsbewegungen geführt und wird zur transportablen Gelenkpfanne. Der Discus und der Kondylus verhalten sich wie Helm und Visier.

Der Discus unterteilt den Gelenkraum in zwei Abteilungen. Der Gelenkraum wird durch die Gelenkkapsel gebildet, die der anterioren Begrenzung der Eminentia entspringt. Medial erreicht die Kapsel die Sutura sphenosquamosa, posterior folgt sie dem tiefen Teil der Fossa articularis. Vor der Fissura petrotympanica und lateral erstreckt sie sich entlang der äußeren Begrenzung der Fossa. Die Kapsel inseriert in einiger Entfernung von den artikulierenden Oberflächen am Processus condylaris.
Die Kapsel des Gelenks wird aus der Nachbarschaft ernährt, hauptsächlich von der Arteria temporalis superfacialis. Die sensorischen Nerven, Druck- und Schmerzrezeptoren sind Äste des N. auriculotemporalis und des N. masseter. Blut- und Nervengefäße sind im retroartikulären Polster zahlreich vorhanden.
Dieses Polster besteht aus lockerem Bindegewebe und erstreckt sich von der hinteren Begrenzung des Discus bis hin zur Gelenkkapsel.

2.4. Die Ligamente

Die oben beschriebenen anatomischen Gegebenheiten stellen die knöcherne Führung der Gelenkbewegungen dar. Die Begrenzung dieser Bewegung erfolgt durch Ligamente. Die Ligamente des Kiefergelenks sind: Ligamentum temporomandibulare (laterale), L. stylomandibulare und L. sphenomandibulare.

Von diesen dreien hat das Ligamentum temporomandibulare eine besondere Bedeutung, da es aufgrund seiner direkten Nachbarschaft zum Gelenk dieses in seiner Bewegung am stärksten beeinflußt (Abb. 3).

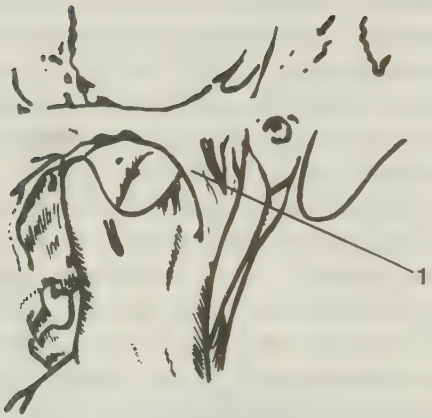


Abb. 3: Von den Ligamenten des Kiefergelenks spielt nur das Ligamentum temperomandibulare oder laterale (1) eine funktionelle Rolle. Es begrenzt die Retrusionsbewegung des Kondylus.

Die beiden anderen Bänder des Kiefergelenks werden deshalb häufig als akzessorische Ligamente betrachtet. Das Ligamentum temporomandibulare, das kräftigste Ligament, entspringt am unteren Rand des Processus zygomaticus des Os temporale und verläuft in schräger Richtung von anterior oben nach posterior unten. Die oberflächlichsten und stärksten Fasern inserieren am hinteren lateralen Rand des Collum mandibulae. Diejenigen Fasern, die mehr vertikal und posterior verlaufen, sind die kürzesten. Dieses Ligament hat eine bedeutende Funktion bei der kaudalen Begrenzung der Unterkieferbewegung. Die beiden akzessorischen Ligamente, das Ligamentum stylomandibulare

und sphenomandibulare, haben - soweit bekannt - keine Auswirkungen auf die Funktionen und Bewegungen des Unterkiefers. Das erste zieht vom Griffelfortsatz zur Faszie des M. pterygoideus med. und zum Kieferwinkel. Das zweite zieht von der Schädelbasis (Spina des Keilbeins) zur Lingula mandibulae.[1)]

2.5. Die Muskulatur

Die Positionen und Bewegungen der Mandibula werden kontrolliert und gesteuert durch die Aktivität verschiedener Muskeln. Eine große Anzahl von Muskeln zwischen Cranium und Mandibula sind direkt oder indirekt an der Unterkieferbewegung beteiligt. Die vier Muskeln, die hauptsächlich für diese Bewegung verantwortlich[2)] sind, sind die vier Kaumuskeln. Bei der isolierten Betrachtung einzelner Muskeln muß man bedenken, daß die Muskeln synergistisch arbeiten, d.h. wir haben bei jeder Unterkieferbewegung einen Aktivator und einen Stabilisator. So benötigen die Protraktoren z.B. zur Stabilisierung die Retraktoren; geht man den einen Weg, so sind die Protraktoren die Aktivatoren und die Retraktoren die Stabilisatoren. Geht man den Weg zurück, so ist es genau umgekehrt.[3)] Weiterhin muß man beachten, daß die verschiedenen Muskel-

---

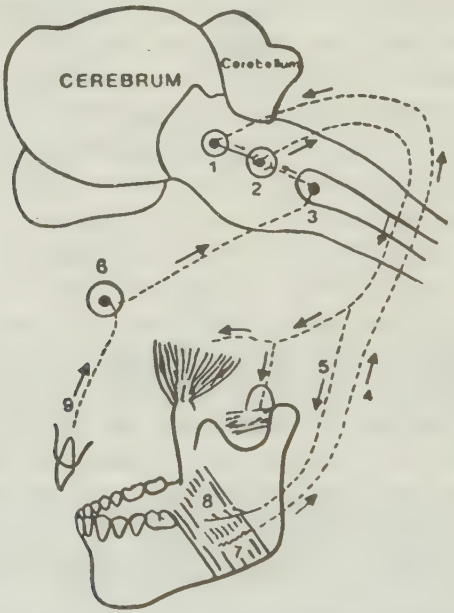
1) Benninghoff-Goerttler: Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Urban u. Schwarzenberg, München und Berlin 1964, Band I, S. 485

2) Sicher, H.: Functional Anatomy, S. 33 ff.

3) Krogh-Poulsen, W.:
- Die Bewegungsanalyse. Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 877-880, 1966 und
Krogh-Poulsen, W., Gottlieb, G., Lous, I. und Iversen, S. im Kursus:
"Disorders Related to Oral Function, Background, Diagnosis, Treatment ", Copenhagen, 20.1.-24.1. 1975

gruppen kofunktionell arbeiten, d.h. die Kaumuskulatur arbeitet nie isoliert, sondern immer mit anderen Muskelgruppen zusammen, z.B. Kopfhaltung - Schulter-Arm-Komplex oder Lippen-Zungen-Wangen-Muskulatur.

Ebenso wie der einzelne Muskel in seiner Funktion abhängig ist von der Versorgung durch Nerven, so ist eine koordinierte Gruppenarbeit der Muskulatur ohne Kontrolle durch das Nervensystem nicht denkbar (Abb. 4).



Neurophysiologischer Kontrollmechanismus der Unterkieferbewegung nach Y. Kawamura (1)

Abb. 4: 1 - mesencephalischer nucleus des n.trigeminus; 2 - motorischer nucleus des n.trigeminus; 3 - sensorischer Haupt-nucleus des n.trigeminus; 4 - afferente Bahn; 5 - motorische Bahn; 6 - ganglion seminulare; 7 - Muskelspindel; 8 - motorische Endplatte; 9 - sensorische Bahn.

---

1) Kawamura, Y.: Neuromuscular mechanisms of jaw and tongue movement. J. Amer.Dent.Ass. 62, 1961, 545-551

Trotz der Komplexität, der die Muskelfunktion unterworfen ist, ist es notwendig, die Wirkung des einzelnen Muskels zu kennen, um ihre koordinierte Funktion bei der Unterkieferbewegung zu verstehen. Vier Muskeln der M.masseter, der M.temporalis, der mediale und der laterale M.pterygoideus stellen die Kaumuskeln dar.

2.5.1. Der Musculus masseter

Der M.masseter, der oberflächlichste der Kaumuskeln, erstreckt sich als eine fast rechteckige Platte vom Arcus zygomaticus zur äußeren Oberfläche des Ramus mandibulae (Abb. 5 und 9).

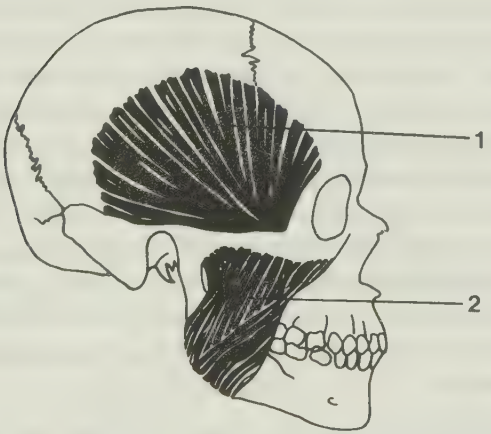


Abb. 5: M.temporalis (1) und masseter (2)

Man kann den Muskel - obwohl unvollständig - unterteilen in eine oberflächliche und eine tiefe Portion. Die oberflächliche Partie entspringt am unteren Rand des Os zygomaticum mit starken Sehnenfasern. Posterior endet der Ursprung der oberflächlichen Portion mit dem Os zygomaticum und geht nie über die Sutura zygomaticotemporalis hinaus. Die Fasern haben eine generelle Richtung nach abwärts und rückwärts, um in der Gegend des Unterkieferwinkels zu inserieren.
Die Ansatzfläche nimmt das untere Drittel oder Viertel der rückwärtigen Begrenzung des Ramus mandibulae in Anspruch. Anterior reicht sie bis zur Gegend des zweiten Molaren und die untere Hälfte der äußeren Oberfläche des Ramus.

Die inneren Partien der oberflächlichen Portion des Muskels sind in der Tiefe abwechselnd durch Sehnen und Muskeln geformt, so daß der Aufbau des Muskels sehr kompliziert wird. Der Effekt von sich abwechselnden Muskelfasern und Sehnenschichten ist der, daß die durchschnittliche Länge der kontraktilen Elemente verkürzt wird und damit die Anzahl der Muskelfasern und der funktionelle Querschnitt vergrößert werden. KAWAMURA e.a.[1)] haben nachgewiesen, daß die verschiedenen Muskelfasern des M.masseter abwechselnd aktiv sind und daß außerdem bei verschiedenen Funktionen ganz verschiedene Muskelfasern benutzt werden.

Die tiefe Portion des Masseter kann von der oberflächlichen nur im posterioren Teil des Muskels unterschieden werden. Anterior vermischen

---

1) Kawamura, Y. u. Majima, T.: Temperomandibular-joint's Sensory Mechanisms Controlling Activities of the Jaw Mascles. J. dent. Res. 43 (1964), 150

sich die beiden Anteile. Die Fasern der tiefen Portion entspringen dem Arcus zygomaticus von der ganzen Länge, dem Processus zygomaticus maxillae bis zur anterioren Neigung der Eminentia articularis. Die tiefe Portion inseriert oberhalb der oberflächlichen an der Basis des Processus coronoideus und dem oberen Teil des Ramus mandibulae. Unmittelbar vor dem Kiefergelenk ist die tiefe Portion nicht von der oberflächlichen bedeckt und kann dort palpiert werden. Die Fasern verlaufen dort fast genau nach unten und bilden mit den Fasern des oberflächlichen Teiles einen Winkel. Der tiefe Masseter ist mit den meisten oberflächlichen Fasern des M. temporalis untrennbar verbunden.

Der Muskel ist ein kräftiger Elevator des Unterkiefers, also ein Kieferschließer, der vorwiegend in der Molarengegend seine Kraft entfaltet. Die oberflächliche Portion übt im rechten Winkel zur Okklusalebene, die ja nach posterior ansteigt, Kraft aus. Die Fasern der tiefen Portion sind in der Protrusionsstellung der Mandibula nach unten und vorne gerichtet. Ausgehend von der Protrusionsstellung hat die tiefe Portion eine Retraktionskomponente, die wichtig ist bei der Schließbewegung, einer Kombination von Elevation und Retraktion.

2.5.2. Der Musculus temporalis

Der fächerförmige M. temporalis hat seinen Ursprung an einem weiten Feld auf der lateralen Oberfläche des Schädels, das von der Linea temporalis inferior umgeben ist. Dieses Feld, die Fossa temporalis, umfaßt einen schmalen Streifen des Os parietale, den größeren Teil der Squama temporalis, die temporale Oberfläche des Os frontale und die temporale Oberfläche des Ala major des Os sphenoidale. Hier reicht das Ursprungsfeld hinab bis zur

Crista infratemporalis. Darüberhinaus entspringen viele Muskelfasern - besonders im oberen Teil des Muskels - von einer Aponeurose, die an der inneren Oberfläche der Facia temporalis befestigt ist (Abb. 5, 6 und 9).

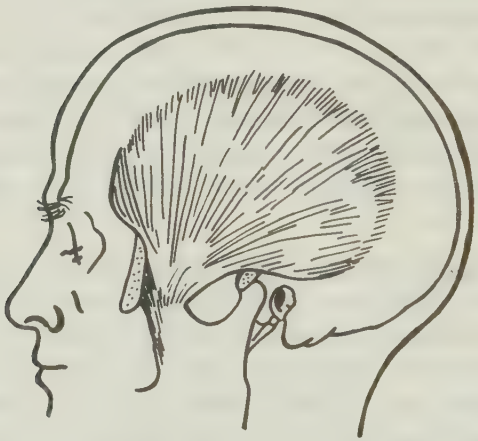


Abb. 6: M. temporalis
Der m. temporalis mit seinen verschieden gerichteten Muskelfasern.
(Kawamura hat nachgewiesen, daß immer nur ein Teil des Muskels in Funktion sein kann. Wenn der anteriore Anteil des Muskels arbeitet, ist der posteriore Anteil aufgrund nervaler Reflexmechanismen entspannt). [aus: Kawamura et al. J.Dent. Res. 46: 135 b, 1967]

Die Muskelbündel des M. temporalis konvergieren zu der Öffnung zwischen Arcus zygomaticus und lateraler Schädeloberfläche, in deren Zentrum die Spitze des Processus coronoideus liegt. Die anterioren Fasern, die die Masse des Muskels ausmachen, verlaufen vertikal; die Fasern der mittleren Portion verlaufen schräg. Die hintersten Fasern verlaufen nahezu horizontal, biegen aber vor der Eminentia articularis nach unten und vorwärts um, um die Mandibula zu erreichen. Ebenso wie der Masseter ist der Temporalis von tiefen Sehnenplatten getrennt.

Der Ansatz des Muskels umfaßt den Processus coronoideus und reicht hinab bis zum Ramus mandibulae. Die Sehne ist zum Teil die Fortsetzung des Processus muscularis in den Muskel hinein. Die Sehne fächert sich in zwei Teile auf. Die äußere oder oberflächliche Sehne ist am vorderen Rand des Processus coronoideus und des Ramus mandibulae befestigt. Die innere oder tiefe Sehne inseriert an der Crista temporalis der Mandibula.

Der M. temporalis - eher für die Bewegung als für die Kraftausübung konstruiert - ist hauptsächlich ein Elevator der Mandibula. Die posterioren Fasern haben eine retrahierende Komponente wegen ihres mehr horizontalen, abwärts und vorwärts gerichteten Verlaufs.

2.5.3. Der Musculus pterygoideus medialis

Der mediale M. pterygoideus - an der medialen Seite des Ramus mandibulae gelegen - stellt anatomisch und funktionell einen Gegenspieler zum M. masseter dar. Er ist ein rechteckiger, kräftiger Muskel - obwohl schwächer als der Masseter. Sein Hauptursprung liegt in der Fossa pterygoidea. Die Fasern des M. pterygoideus medialis verlaufen abwärts, rückwärts und

nach außen und inserieren an der medialen Oberfläche des Angulus mandibulae (Abb. 7 und 9).

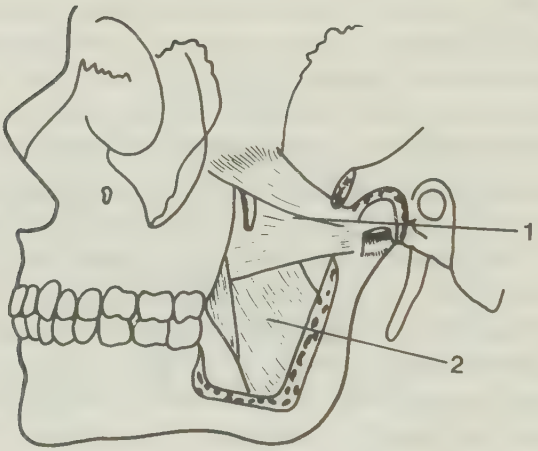


Abb. 7: M. pterygoideus medialis (1) und die beiden Köpfe des m.pterygoideus lateralis (2)

Das Ansatzfeld ist nahezu rechteckig. Muskelfasern des medialen Pterygoideus können Fasern des Masseter über eine Sehnenschlinge treffen.

Der Muskel arbeitet synergistisch zum Masseter, besonders zu dessem oberflächlichen Teil, und ist ein Elevator der Mandibula.

2.5.4. Der Musculus pterygoideus lateralis

Der laterale Pterygoidmuskel entspringt mit zwei Köpfen. Der größere untere Kopf entspringt an der Facies lateralis ossis pterygoidei, der schmalere obere Kopf von der infratemporalen Oberfläche des größeren Keilbeinflügels bis zur Crista infratemporalis. Die Fasern des oberen Kopfes verlaufen nahezu horizontal rückwärts und nach außen in naher Relation zur Schädelbasis. Die Fasern des unteren Kopfes konvergieren abwärts und nach außen. Die zwei Köpfe - an ihrem Ursprung durch eine unterschiedlich große Lücke getrennt - vereinigen sich vor dem Kiefergelenk. Die obersten und tiefsten Fasern - in der Regel nur Fasern des oberen Kopfes - sind an der Gelenkkapsel befestigt und damit auch an dem vorderen Rand des Discus. Die Mehrzahl der Fasern, die einen Teil der oberen und alle Fasern des unteren Kopfes umfassen, inserieren in einer Fossa auf der anterioren Fläche des Collum mandibulae, der Fovea pterygoidea (Abb. 7 und 9).

Die resultierende Kraft des lateralen Pterygoidmuskels geht nach vorwärts, einwärts und abwärts. Deshalb ziehen die beiden externen Pterygoidmuskeln die Mandibula und den Discus nach vorwärts. Einseitige Aktion eines dieser Muskel bewegt die Mandibula zur entgegengesetzten Seite, indem der Kondylus nach vorwärts, einwärts und abwärts gezogen wird.

2.5.5. Die Suprahyoidmuskulatur

Von den vier Suprahyoidmuskeln - M. Stylohyoideus, M. Digastricus, M. Mylohyoideus und M. Geniohyoideus - üben vorwiegend zwei einen Einfluß auf die Mandibulabewegung aus. Dies sind der M. digastricus und der M. geniohyoideus (Abb. 8).

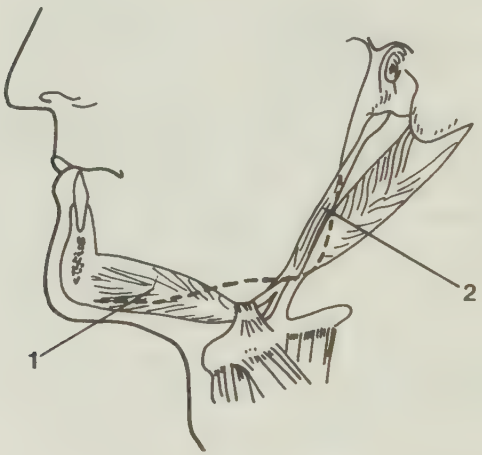


Abb. 8: Die Suprahyoidemuskulatur. Hier: m. digastricus (1) und m. stylohyoideus (2)

Der hintere Bauch des M. digastricus entspringt in der Incisura mastoidea des Schläfenbeins, der vordere Bauch kommt aus der Fossa digastrica des Unterkiefers. Beide Bäuche vereinigen sich dicht oberhalb des Zungenbeins in einer runden Zwischensehne, die von einer Fascienschlinge an das Zungenbein gefesselt wird. Bei feststehendem Zungenbein zieht der Muskel die Mandibula zurück und nach unten.

Der M. geniohyoideus entspringt von den unteren Zacken der Spina mentalis und verläuft dicht neben dem der anderen Seite zum Körper des Zungenbeins. Die Wirkung dieses Muskels entspricht derjenigen des vorderen Bauches des M. digastricus.

Der M. stylohyoideus entspringt vom Processus styloideus und zieht zum Zungenbein, wo er sich in zwei Bündel spaltet, um die Zwischensehne des Digastricus zu umfassen. Der Muskel wirkt besonders beim Schluckakt, und zieht das Zungenbein nach hinten oben.

Der M. mylohyoideus bildet mit dem der anderen Seite den Boden der Mundhöhle. Die Muskelfasern entspringen an der Linea mylohyoidea an der Innenseite des Unterkiefers und verlaufen medianwärts. Die hinteren Fasern erreichen dabei den Zungenbeinkörper, die vorderen bilden in der Mittellinie eine Raphe. Der Muskel unterstützt die Zunge und kann sie mit dem Zungenbein heben. Bei feststehendem Zungenbein beteiligt er sich synergestisch an der Öffnung der Kiefer.[1)]

[1)] Benninghoff-Goerttler S. 493-494

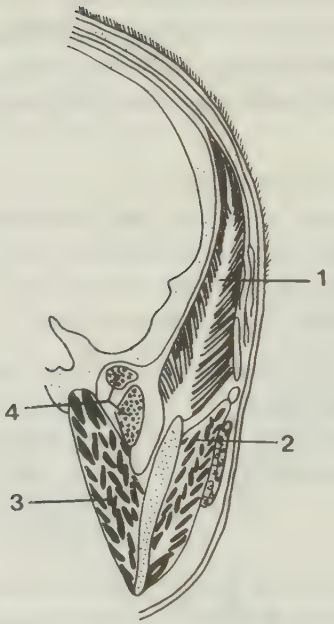


Abb. 9: Frontalschnitt der Kaumuskulatur m. temporalis (1), m. masseter (2), m. pterygoideus medialis (3) und die beiden Anteile des m. pterygoideus lateralis (4).

2.6. Die funktionelle Anatomie des Kiefergelenks

Nach den anatomischen Grundlagen soll die Funktion des Kiefergelenks dargestellt werden. MEYER[1] schreibt dazu: "Das Kiefergelenk bietet trotz verschiedener Arbeiten, welche über dasselbe unternommen worden sind, immer noch einige nicht unbeträchtliche Schwierigkeiten. Diese gründen sich zum Theil allerdings auf die Kleinheit der der Untersuchung vorliegenden Gelenkflächen, zum größten Theil aber auf die Mannichfaltigkeit der Bewegungen, welche alle in der Gestaltung eines und desselben Gelenkes ihren Ausdruck finden müssen." Er fährt fort: "In dem Kiefergelenk sind drei Grundformen der Bewegung möglich, nämlich:

1) eine Öffnungsbewegung des Unterkiefers, - dieselbe kommt allein zu Stande zwischen dem Condylus mandibulae und dem Miniscus und kann in ausgiebiger Weise nur ausgeführt werden, wenn der letztere durch die sogleich zu nennende Bewegung eine nach vorn veränderte Lage auf dem Tuberculum articulare eingenommen hat;
2) eine Verschiebung des Unterkiefers nach vorn, - diese wird zwischen dem Miniscus und dem Tuberculum articulare ausgeführt, und
3. eine Drehbewegung des Unterkiefers um eine in dem Gelenk einer Seite befindliche annähernd senkrechte Achse, - diese ist in dem Gelenk auf der Seite der Achse eine Drehbewegung, in dem Gelenke der anderen Seite dagegen eine Bewegung des Vorwärtsrutschens und kann sich in verschiedenem Grade mit der Öffnungsbewegung des Unterkiefers verbinden."

---

1) Meyer, H.G.: Das Kiefergelenk. Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin. Jahrgang 1865, S. 719-731, Verlag von VEIT et comp.

Diese Ausführungen lassen ein weit fortgeschrittenes Wissen über die Kiefergelenkskinematik bereits im Jahre 1865 erkennen.

Wenn man die Unterkieferbewegungen zerlegt, so kann man folgende Untergliederung vornehmen:
1. die Grundbewegungen und
2. die funktionellen Bewegungen.[1)]

2.6.1. Die Grundbewegungen

Grundsätzlich kann man zwei Bewegungen der Mandibula unterscheiden:
a) die Rotations- oder Scharnierbewegung, eine Rotation der Mandibula um eine horizontale und frontale Scharnierachse, die durch die Kondylenzentren geht, und
b) die Translations- oder Gleitbewegung, ein Gleiten der Mandibula und des Discus entlang dem Os temporale. Die Bewegung kann symmetrisch oder unsymmetrisch sein.

Die Rotationsbewegung findet statt zwischen Discus und Kondylus in der unteren Abteilung des Gelenkes, die Translationsbewegung zwischen Kondylus mit Discus und dem Os temporale in der oberen Gelenkabteilung. Bei der initialen Rotationsbewegung handelt es sich um eine Drehbewegung mit stationären Rotationszentren in der Saggitalebene und einer stationären Rotationsachse in der Horizontal- und Frontalebene. Bei der Translationsbewegung handelt es sich um eine Gleitbewegung mit sich bewegenden Rotationszentren und -achsen.

---

1) Sicher, H.: Functional Anatomy, S. 43 ff.

Daß Mandibula und Discus zusammen vorwärtsgleiten, wird gewöhnlich damit erklärt, daß der M. Pterygoideus lateralis nicht nur an der Mandibula sondern auch an dem Discus befestigt ist. Bei normalen Bewegungen der Mandibula folgt jedoch der Discus dem Kondylus passiv, da er an den lateralen Polen des Kondylus befestigt ist. Die kapsuläre Befestigung des lateralen Pterygoidmuskels dient mehr der balancierenden Fixierung des Discus. Wenn die Kiefer kräftig geschlossen werden, z.B. wenn sich ein harter Speisebolus zwischen den Zahnreihen befindet, ist die Stellung der Kondylen und Disci auf dem hinteren Abhang des Tuberculum articulare in Gefahr. In diesem Moment verhindert der laterale Pterygoidmuskel durch aktive Kontraktion eine Verlagerung der Kondylen und Disci nach rückwärts und aufwärts und erhält so die korrekte Beziehung der drei Teile des Gelenkes aufrecht.

2.6.2. Die funktionellen Bewegungen

Die funktionellen Bewegungen der Mandibula sind Kombinationen der Grundbewegungen:
a) die Öffnungs- und Schließbewegung,
b) die (symmetrische) Protrusion und Retrusion
c) die (asymmetrische) Lateralbewegung.

a) Die Öffnungs- und Schließbewegung.
Dieses sind Kombinationsbewegungen von Rotation und Translation; d.h. der Unterkiefer rotiert um eine transversale Achse, während sich die Achse selbst im Raum bewegt. Die Translations- oder Gleitbewegung bringt den Discus und die Mandibula vorwärts und abwärts von der hinteren Neigung der Eminentia articularis zur Höhe des Tuberculum articulare, und bei den meisten Patienten

sogar über die Höhe hinaus. (Bei einer Röntgenaufnahme des Kiefergelenks mit geöffnetem Unterkiefer nach Parma wird dann häufig 'habituelle Subluxation' fehlinterpretiert.)

Beobachtungen am Lebenden zeigen auf einfache Weise die Kombination von Translation und Rotation. Wenn man einen Finger am äußeren Ohr vor den Tragus legt, kann man die vorwärts und abwärts Bewegung des Mandibulakopfes verfolgen. Während der Öffnungsbewegung sinkt das Weichgewebe hinter dem Kieferköpfchen ein und eine leichte Grube wird gut sichtbar - insbesondere bei Personen mit wenig Fettgewebe.

Während der Öffnungs- und Schließbewegung werden die Translations- und Rotationskomponenten nicht im gleichen Umfang durchgeführt. Die Öffnungsbewegung beginnt mit fast reiner Rotations- oder Scharnierbewegung, die die Mandibula bis zur oder leicht über die Ruheschwebe hinaus bringt. Von da an kombinieren sich Rotations- und Translationsbewegung zu einer gemeinsamen Bewegung. Nach der maximalen Mundöffnung beginnt die Schließbewegung mit einer Phase, in der die Translationsbewegung überwiegt. Auf diese Weise wird der Mund bis zu zwei Dritteln seiner maximalen Öffnung geschlossen. Bei der restlichen Schließbewegung überwiegt dann die Rotationsbewegung.

Mit etwas Übung kann man eine reine Scharnierbewegung selbst ausführen, indem die vorwärts gerichtete Gleitbewegung aktiv zurückgedrängt wird. Die rückwärtigste Lage der Mandibula wird durch das Spannen der horizontal verlaufenden Fasern des Ligamentum temporo mandibulare begrenzt. Dadurch, daß die Ligamente die Scharnierbewegung limitieren, schützen sie das retroartikuläre Gewebe vor Kompression.

Die Kombination von Rotations- und Translationsbewegung ist als neuromuskuläres Phänomen fixiert. Da diese komplizierte Bewegung weder durch die Form der artikulierenden Anteile noch durch das Arrangement der Ligamente bedingt wird, können die beiden Grundbewegungen unabhängig voneinander stattfinden.

b) Die Protrusion und Retrusion.

Die Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen der Mandibula sind, wenn die Zähne nicht in Okklusion stehen, meistenteils Translationsbewegungen. Von der Ruheschwebe aus kann der Unterkiefer ziemlich extensiv nach vorne gezogen werden, wobei die Zähne sich nicht berühren. Während dieser Bewegung wird die Mandibula zusammen mit dem Discus nach vorne geführt; die Bewegung findet in der oberen Abteilung des Gelenkes statt.

c) Die Lateralbewegung.

Eine Lateralbewegung der Mandibula resultiert, wenn nur ein Kondylus und Discus vorwärts, abwärts und einwärts auf die Höhe des Tuberculum articulare gezogen wird. Der andere Kondylus, der sog. Ruhekondylus, führt nur begrenzte Bewegungen aus.

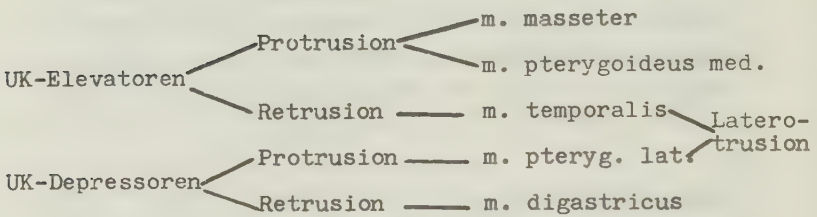
2.6.3. Die Analyse der Muskelfunktion

Wenn man den Beitrag der verschiedenen Muskeln zur Unterkieferbewegung untersucht, so kann man diese Muskeln in drei Gruppen einteilen: Elevatoren, Depressoren und Protraktoren. Die Retraktoren stellen keine eigene Gruppe dar. Sie werden durch die hinteren Fasern des Temporalis einerseits und durch die retrahierende

Komponente des M. geniohoideus und des M. digastricus andererseits repräsentiert.

Folgende Zusammenstellung nach KAWAMURA[3] gibt eine grobe Übersicht über verschiedene Muskelfunktionen. Die wirkliche Funktion ist etwas anders, da die einzelnen Muskeln aufgrund der unterschiedlichen Anordnung der Muskelfasern auch verschiedene Funktionen ausüben können.(Schema 1).

Schema 1: Funktionen der Kaumuskulatur (nach KAWAMURA).



2.7. Die Grenzbewegungen des Unterkiefers

Die bislang besprochenen Bewegungen sind sog. freie Bewegungen, die bei jedem Individuum verschieden sind. Im Gegensatz dazu stehen die Grenzbewegungen[1] des Unterkiefers, die zwar für jedes Individuum anders sind, aber dennoch Gemeinsamkeiten erkennen lassen, und die vor allen Dingen für den einzelnen Patienten reproduzierbar, d.h. für diesen Patienten typisch sind.[2]

---

1) Posselt, U.; Studies in the Mobility of the Human Mandible. Acta Odont. Scand. Vol. 10. Suppl. 10, Copenhagen 1952, S. 36 ff.

2) ebda. S. 142

3) Kawamura, Y.: Mandibular Movement, S. 40

Die Grenzbewegungen des Unterkiefers können an verschiedenen Punkten mit Hilfe verschiedener Verfahren in den drei Ebenen des Raumes aufgezeichnet werden.

a) Grenzbewegungen des Incisalpunktes in der Sagittalebene:

Im folgenden soll die Grenzbewegung des Inzisalpunktes in der Sagittalebene diskutiert werden. Dazu wird am Unterkiefer ein Schreibstift angebracht, der die Bewegung auf eine Schreibplatte, die stationär in der Sagittalebene angebracht ist, aufzeichnet. (Abb. 10). Anhand dieser Aufzeichnung sollen die verschiedenen Unterkieferpositionen deutlich gemacht werden. Die Bewegung des Inzisalpunktes in der Sagittalebene wurde von Posselt[1] untersucht. Das Diagramm, das er gefunden hat, wird nach ihm benannt.
Im folgenden Posselt's[2] Erläuterungen zu seinem Diagramm:
"Das Bewegungsfeld des Inzisalpunktes in der Sagittalebene kann graphisch aufgezeichnet werden. Das Bild in Fig. 10 ist ein durchschnittliches Ergebnis von 20 Patienten. Die Abbildung zeigt folgende Charakteristika:

a) Die posteriore Begrenzung der Öffnungsbewegung wird durch die Linie 1-II-III gekennzeichnet. Der obere Teil ist die terminale Scharnierbewegung, H, die 20-25 mm durchgeführt werden kann.
b) Die Begrenzungen der Öffnungsbewegungen unterscheiden sich von der habituellen Öffnungs- und Schließbewegung.
c) Die terminale Scharnierbewegung ist eine reine Rotationsbewegung um eine interkondyläre Achse. Kein anderer Teil der Öffnungsbewegung ist damit

---

1) Posselt, U.: Studies in the Mobility of the Human Mandible. S. 142

2) Posselt, U.: Physiology of occlusion und rehabilitation. Second Edition, Blackwell Scientific Publications, Oxford 1973, S. 45-46

konzentrisch und keine andere Öffnungsbahn hat das gleiche Aussehen.

d) Die anteriore Öffnungsbewegung ist keine Scharnierbewegung, da sie nicht konzentrisch mit der terminalen Scharnierbewegung ist. Die Kondylen bewegen sich weiter nach vorne, wenn die Mandibula sich von der maximal protrudierten Kontaktposition, 5, bis zur maximalen Mundöffnung, III, bewegt.

e) Das Vor- und Zurückgleiten zwischen 1 und 5 ist wegen der Schneidezahn- und anderer Zahnführungen unregelmäßig."

Drei wichtige Positionen des Unterkiefers sind dem Posselt-Diagramm zu entnehmen:

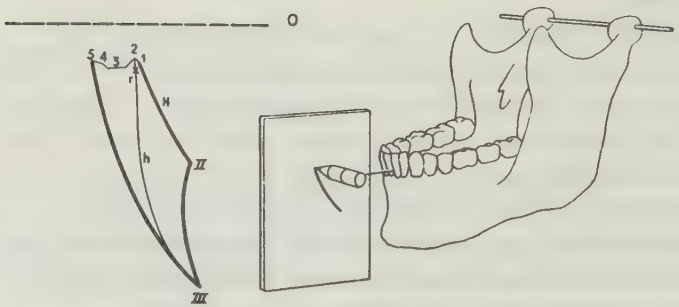


Abb. 10: POSSELT-Diagramm; Aufzeichnung der Grenzbewegung des Inzisalpunktes in der Sagittalebene (nach POSSELT).

1: retrudierte Kontaktposition
2: habituelle Interkuspidation
3: Schneidezahnführung
4: Überwindung der Schneidezahnführung
5: maximale Vorschubbewegung

r: Ruheschwebelage
h: habituelle Öffnungsbewegung
H: terminale Scharnierachsenbewegung
II: Ende der reinen Rotationsbewegung
III: Maximale Mundöffnung
O: Okklusionsebene

1. Die Ruhe (schwebe)lage:

   In der physiologischen Ruhelage der Mandibula, wobei sich die Lippen in aufrechter Körper- und Kopfhaltung leicht berühren, sind die Zähne außer Okklusion. Der intermaxilläre Zwischenraum wird Ruheabstand (free way space) genannt. In dieser Position werden die Kaumuskeln nicht aktiv kontrahiert, sie wirken nur der Schwerkraft entgegen, indem einige kontraktile Fasern der Kieferschließer aktiv sind. Der Ruheabstand der je nach Bißtyp 2 - 6 mm beträgt, ist im Laufe des Lebens geringen Veränderungen unterworfen.[1)] Die Aktivität der Muskulatur in dieser Position ist abhängig von anderen Reflexen, die mit der Kopf- und Körperhaltung zusammenhängen.

2. Die habituelle Interkuspidation (habituelle Okklusionsstellung):

   Der Unterkiefer wird normalerweise aus der Ruheschwebelage automatisch in habitueller Interkuspidation geschlossen. Dabei tritt zwischen Ober- und Unterkieferkauflächenkomplex durch die Höcker-Fossa-Verzahnung ein Vielpunktkontakt auf. Das automatische Auffinden der habituellen Interkuspidation ist ein erlernter neuro-muskulär programmierter Reflex, der durch Zahnabrasion, Zahnverlust, Zahnwanderungen und durch zahnärztliche Maßnahmen Veränderungen ausgesetzt ist.

3. Die retrale Kontaktposition (retrudierte Kontaktposition):

   Der Unterkiefer kann bei etwa 90 % der Menschen aus der habituellen Interkuspidation bis zu etwa 1 mm weiter retral gezogen werden.[2)] Diese Position

---

1) Kawamura, Y.: Mandibular Movement, S. 56

2) Posselt, U.:
- Studies in the Mobility, S. 107-118
- Physiology of Occlusia S. 60-61 und
Ingervall, B.:Retruded contact position of mandible. A comparison between children and adults, in Odont. Revy 15, 130-149 (1964)

ist die retrale Kontaktposition. In dieser Position haben die Kondylen ihre rückwärtigste, kranialste und nicht seitenverschobene Position zu den Gelenkpfannen. Diese Position ist eine Grenzposition und reproduzierbar.
Die Reproduzierbarkeit dieser Position hängt damit zusammen, daß die terminale Scharnierbewegung eine Kreisbewegung mit einem Rotationszentrum ist. Verbindes man die beiden Zentren, links und rechts, so erhält man die terminale Scharnierachse. Die Durchtrittspunkte dieser gedachten Achse durch die Haut kann man lokalisieren. Man kann diese beiden Punkte und einen dritten Schädelpunkt (z.B. den Infraorbitalpunkt, die dann gemeinsam die Achsenorbitalebene bilden) dazu benutzen, das Gipsmodell des Oberkiefers scharnierachsen- und schädelbezüglich auf einen Artikulator zu übertragen.

b) Grenzbewegungen des Incisalpunktes in der Horizontalebene:

Die Grenzbewegungen des Inzisalpunktes in der Horizontalebene ergeben ein rhombenförmiges Gebilde, dessen eine Hälfte auch als Pfeilwinkel oder gotischer Bogen bezeichnet wird (Abb. 10 a).

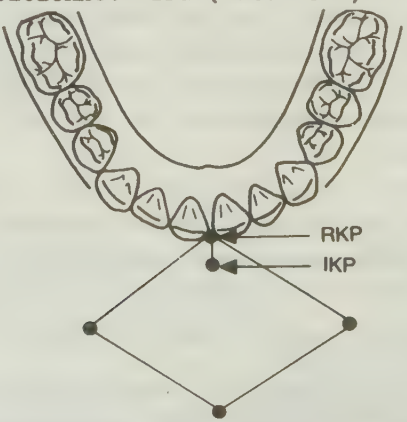


Abb. 10 a: Grenzbewegungen des Incisalpunktes in der Horizontalebene (RKP = retrudierte Kontaktposition, IKP = Interkuspidationsposition). Nach Motsch (1)

Setzt man Posselt-Diagramm und Pfeilwinkel zusammen, so erhält man ein dreidimensionales Gebilde wie in Abbildung 11. Posselt[1] schreibt dazu: "Der Bewegungsspielraum hat bei den meisten Individuen eine charakteristische Gestalt, obwohl er sich von Individuum zu Individuum unterscheidet. Im Durchschnitt beträgt die Bewegungskapazität des Inzisalpunktes unter Zahnkontakt 10 mm in anterioposteriorer Richtung und 20 mm von links nach rechts. Die vertikale Bewegung des Inzisalpunktes beträgt 50 - 60 mm."

Abb. 11: Räumliches POSSELT-Diagramm.
Aufzeichnung der Grenzbewegung des Inzusalpunktes in den drei Ebenen des Raumes.

Abbildung aus Posselt, U.: Physiology, S.56

---

1) Motsch, A.: Funktionsorientierte Einschleiftechnik für das natürliche Gebiß

1) Posselt, U.: Physiology, S. 56

Die Bewegung des Unterkiefers ist, was die Grenzbewegungen anbetrifft, für jeden Patienten individuell verschieden. Dennoch gibt es bestimmte Gemeinsamkeiten, die es erlauben, die individuelle Bewegung allgemeingültig zu beschreiben und die Bewegungsform von Patient zu Patient zu vergleichen und zu diskutieren.

2.8. Definitionen

Im folgenden sollen einige Definitionen von Begriffen gegeben werden.[1)]

2.8.1. Der Kondylenbahnneigungswinkel

Bei der Protrusionsbewegung werden beide Kondylen gleichzeitig nach vorwärts und abwärts gezogen, dabei beschreiben sie in der Horizontalebene eine gerade Linie und in der Sagittalebene eine gebogene Linie. Diese Linie bildet mit der Achsen-Orbital-Ebene einen Winkel, den Kondylenbahnneigungswinkel. Der Kondylenbahnneigungswinkel ist links und rechts beim gleichen Patienten meistens unterschiedlich. Diese Definition ist insofern nicht ganz richtig, als eine gerade Linie mit einer gebogenen Linie keinen exakten Winkel ergibt. Siehe dazu auch Fußnote Seite 37 und Seite 63.

2.8.2. Der Arbeitskondylus

Bei der Lateralbewegung bewegen sich beide Kondylen unterschiedlich. Der eine Kondylus bewegt sich kaum und wird daher "Ruhekondylus" genannt. Da es der Kondylus der Seite ist, auf der gearbeitet wird, heißt er auch Arbeitskondylus; die Seite entsprechend Arbeitsseite.

2.8.3 Der Balancekondylus

Der andere Kondylus bewegt sich mehr und wird Balancekondylus genannt; die Seite entsprechend Balanceseite. Der Balancekondylus, der sich bei

---

1) Empfehlungen des Arbeitskreises funktionelle Gebißanalyse der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde und der Deutschen Gesellschaft für zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde. Zahnärztl. Mitt. 13, 669 (1976)

einer linkslateralen Bewegung rechts befindet, bewegt sich nach vorwärts, abwärts und nach medial.

2.8.4. Die Mediotrusionsbewegung

Die nach medial verlaufende Komponente der Bewegung des Balancekondylus wird Mediotrusionsbewegung genannt.

2.8.5. Der Bennettwinkel

Die Mediotrusionsbahn, das ist die Bahn des Balancekondylus bei der Mediotrusionsbewegung in der Horizontalebene, bildet mit der Protrusionsbahn, das ist die Bahn desselben Kondylus bei der Protrusionsbewegung, den Bennettwinkel. Der Bennettwinkel bezieht sich also auf die Horizontalebene.[1)]

2.8.6. Der Fischerwinkel

In der Sagittalebene beschreibt der Balancekondylus eine gekrümmte Bahn, die nicht mit der Kondylenbahn bei der Protrusionsbewegung - bezogen auf die Sagittalebene - zusammenfallen muß. Wenn ein Winkel entsteht, so heißt dieser Fischerwinkel.[2)]

2.8.7. Die Bennettbewegung

Der Arbeitskondylus bewegt sich bei der Lateralbewegung ebenfalls, da er fest über die Mandibula mit dem Balancekondylus verbunden ist. Die Bewegung des Arbeitskondylus ist nach lateral gerichtet und heißt Bennettbewegung oder Laterotrusionsbewegung. Die Laterotrusionsbewegung kann nach vorne, oben, hinten oder unten gerichtet sein (Abb. 12).

---

1) Dieser Definitionsvorschlag trifft den genauen Sachverhalt nicht, da es sich bei der Protrusionsbahn in der Horizontalebene um eine gerade Linie handelt, bei der Mediotrusionsbahn jedoch neben der geradlinig verlaufenden auch andere Formen vorkommen können. Siehe dazu Abb. 12 Seite 39. Handelt es sich bei der Mediotrusionsbahn nicht um eine geradlinige Bewegung, so ist genau wie bei der Kondylenbahnneigung eine Winkelangabe nicht möglich.

2) Die Bezeichnung "Winkel" ist nicht korrekt, da es sich bei beiden Linien um Kurven handelt. Wenn ein "Winkel" entsteht, so verläuft die Laterotrusionsbahn caudal zur Protrusionsbahn.

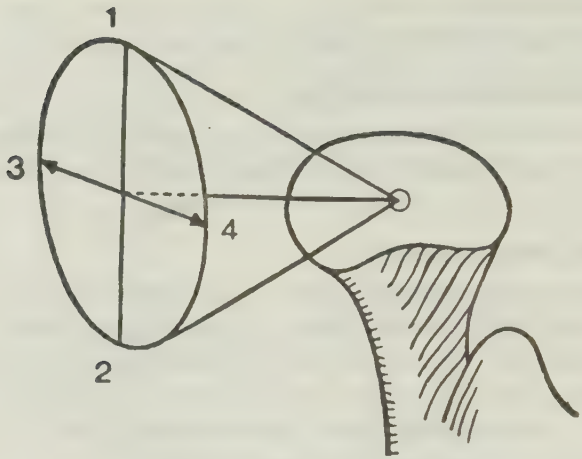


Abb. 12: Möglichkeiten der Laterotrusionsbewegung des Arbeitskondylus

1: Latero-sur-trusion

2: Latero-de-trusion

3: Latero-re-trusion

4: Latero-pro-trusion

2.8.8. Die side-shift

Die Mediotrusionsbahn des Balancekondylus wird in den ersten 4 mm side-shift genannt.[1)]

Kornfeld unterscheidet dabei 5 Formen und zwar:

progressive side-shift,

immediate side-shift,

early side-shift,

distributet side-shift

immediate-distributed-progressive side-shift(Abb. 13).

---

1) Kornfeld, M.:
- Mouth Rehabilitation. vol. one and two, C.V. Mosby Company, St. Louis 1974
- Guichet, Niles: Occlusion, The Denar corp. 1970, Anaheim, Calif.

Der Unterschied zwischen den einzelnen Bewegungsformen kann der Abbildung 13 entnommen werden.

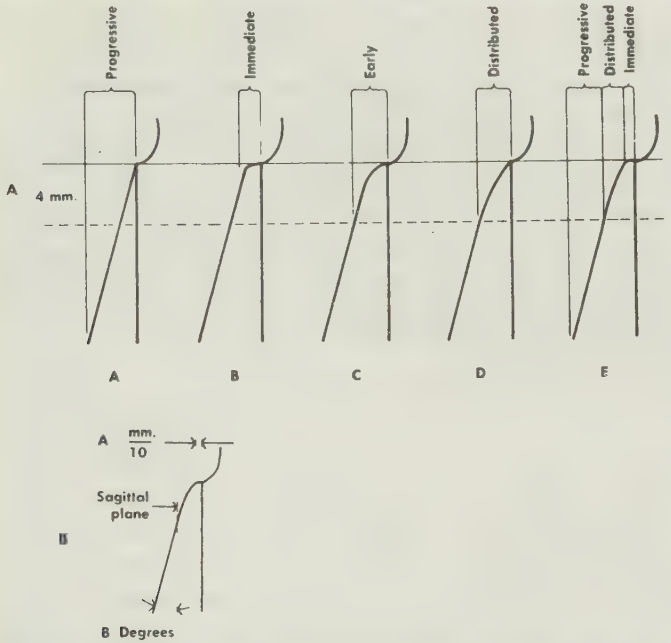


Abb. 13: A: Bei der Seitwärtsbewegung des Unterkiefers werden die ersten 4 mm der Bahn des Balancekondylus side-shift genannt. Je nach Art und Umfang wie sie stattfindet, wird sie in eine immediate, early oder distributed side-shift unterteilt. Die progressive side-shift ist direkt proportional zur Bewegung des Balancekondylus.

B: Die immediate side-shift, wird in 1/10 mm gemessen. Sie beträgt selten mehr als 2 mm. Die progressive side-shift wird in Grad gemessen in Relation zur Sagittalebene. Dieser Wert beträgt selten mehr als 20°.

Abbildung aus Kornfeld, M., Mouth Rehabilitation, S. 330

2.8.9. Zentrische Relation, retrudierte Kontaktposition, zentrische Bißnahme

Wachsbisse, die auf dem Weg des Unterkiefers von II nach 1 genommen werden, heißen Zentrische Wachsbisse oder Zentrikbisse, der Vorgang zentrische Bißnahme. Die retrudierte Kontaktposition ist entsprechend dem Posselt-Diagramm (siehe Abb. 10 Seite 32) die Position 1. In dieser Position sollen die Kondylen nicht seitenverschoben sein, im Zenith der Gelenkgrube stehen und einen gleichmäßigen Zwischenraum zur Aufnahme des Discus aufweisen.

3. Geräte zur Reproduktion von Kieferbewegungen

GYSI [1] hat 1930 über die Reproduktion der Unterkieferbewegung ausgesagt, daß das Artikulationsproblem gelöst ist, wenn es gelingt, die Bewegungskapazität der Kondylen auf ein mechanisches Gerät zu übertragen. Im folgenden Kapitel wird an Beispielen aus der Geschichte der Artikulatoren überprüft, ob die im letzten Kapitel dargestellten Bewegungsmöglichkeiten von den Erbauern der Artikulatoren berücksichtigt wurden und ob eine instrumentelle Reproduktion der dreidimensionalen Unterkieferbewegung mit dem jeweiligen Gerät möglich ist.

Die Geschichte der Artikulatoren zeigt, daß diese mechanischen Hilfsmittel zunächst erfunden wurden, um Gips zu sparen, also aus rein ökonomischen Gründen. Die drei Oberbegriffe: Fixator, Okkludator und Artikulator stehen für Geräte oder Methoden, die das zueinander in Beziehung setzen von Ober- und Unterkiefergipsmodell ermöglichen sollen.
Beim Fixator (Abb. 14) werden die Gipsmodelle vom Ober- und Unterkiefer bzw. auch nur Teile davon über einen an den Modellen befindlichen Gipsschlüssel miteinander in Beziehung gesetzt.
Im Okkludator (Abb. 15) werden die Gipsmodelle in ein oberes und unteres Drahtgestell eingegipst. Die bei-

---

[1] Gysi, A.: An Analysis of the Development of the Articulator. J.Amer.dent.Ass. 17, 1401 (1930)

den Drahtgestelle werden mittels eines Scharniergelenks verbunden.

Wird zusätzlich eine Stellschraube (Abb. 16) angebracht, so können Ober- und Unterteil des Okkludators gehoben oder gesenkt werden. Die Okklusion kann in einer bestimmten Höhe fixiert werden.

Beim Artikulator tritt zur Okklusion noch die Artikulation, d.h. die Vorrichtung zur Aufnahme der Gipsmodelle ermöglicht auch eine Lateralbewegung nach links und rechts.

Der Artikulator kann mittelwertig gebaut sein, d.h. die Modelle von Ober- und Unterkiefer werden nach Gesichtspunkten einartikuliert, die z.B. mit Hilfe von vergleichenden Messungen an Totenschädeln gefunden wurden und als Konstruktionsgrundlage dienten (Bonwill'sches Dreieck). Die Neigung der Gelenkbahn von 30°, bezogen auf die Camper'sche Ebene ist ein Mittelwert aus verschiedenen Messungen am Lebenden.

Beim teiljustierbaren Artikulator werden Bewegungsmöglichkeiten des Unterkiefers teilweise wiedergegeben. Die Wiedergabe ist möglich durch das Abgreifen bestimmter Registrate im Munde des Patienten, z.B. Wachsregistrate.

Volljustierbare Artikulatoren geben die Bewegungen des Unterkiefers nach ihrer Registrierung individuell wieder.

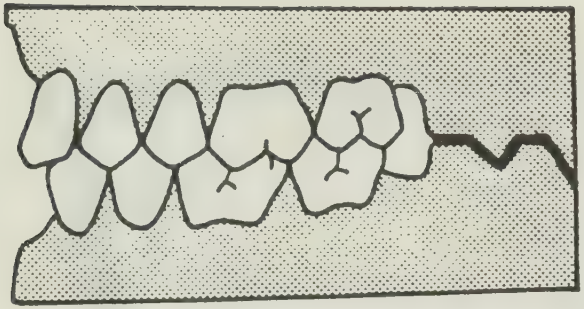


Abb. 14: Gipsokkludator, wie er zuerst zur Fixierung von Kiefermodellen gegeneinander bezutzt wurde.
Abbildungen 14 - 16 aus: Lehmann, K.[1)]

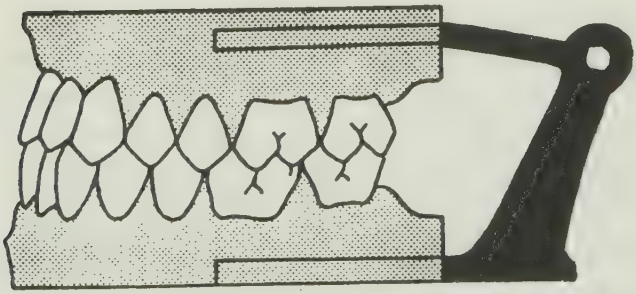


Abb. 15: Scharnierokkludator

---

1) Lehmann, K.: Einführung in die Zahnersatzkunde Urban und Schwarzenberg, 1975

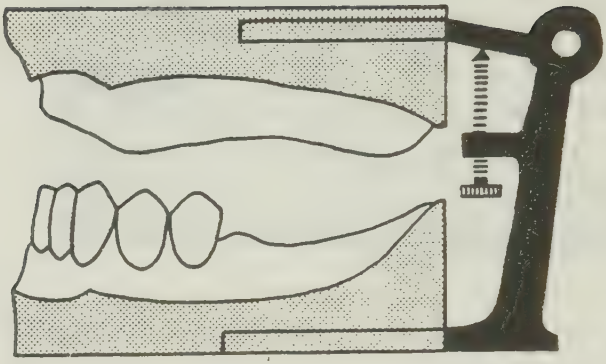


Abb. 16: Scharnierokkludator, der mittels einer Stellschraube das Heben und Senken der Modelle gegeneinander gestattet.

Die weitere Entwicklung hat dann zu diesen wirtschaftlichen Gründen auch wissenschaftliche hinzutreten lassen. Aus der Geschichte kann man ferner erkennen, daß die Artikulatoren zunächst nur für die Herstellung von Totalprothesen benutzt wurden. Mit dem Fortschritt der technischen Hilfsmittel wurden die Artikulatoren auch für die Teilprothetik und für die Kronen- und Brückentechnik benutzt. In letzter Zeit dient der Artikulator auch als diagnostisches Hilfsmittel in der Okklusionsanalyse.

Die Artikulatoren spiegeln den jeweiligen Erkenntnisstand der Konstrukteure über das Kiefergelenk

und die Bewegungskapazität des Unterkiefers wieder.

3.1. Die ersten Artikulatoren

Im Jahre 1805 entwickelte Gariot[1] den ersten Artikulator. Dieser Metallartikulator reproduzierte die Öffnungs- und Schließbewegung über ein Scharniergelenk. Die Öffnungsachse des Scharniergelenks und die Scharnierachse des Patienten wurden jedoch nicht in Übereinstimmung gebracht. Die Gipsmodelle des Patienten wurden mehr oder weniger "zufällig" in seiner habituellen Schlußbißlage (die durch Einbeißen in Bienenwachs ermittelt wurde) in den Artikulator eingebracht.[2] Auch der Scharnierartikulator von EVANS[3] ist dadurch gekennzeichnet, daß der Patient in der Schlußbißlage versorgt wird, die in keiner Beziehung zur Öffnungs- und Schließungsachse des Patientenunterkiefers steht. Der Artikulator von EVANS ermöglichte jedoch bereits eine protrusive, retrusive und laterale Bewegung, wobei der Kondylus jedoch in der Horizontalebene verbleibt (Abb. 17).

---

1) zitiert aus:
Gillis, R.:
- Articulator Development and the Importance of Observing the Condyle Path in Full Denture Prothesis. J. Amer. Dent. Ass. 13, 3 (1926) S. 3, Abb. 2

2) Hoffmann-Axthelm, W.: Die Geschichte der Zahnheilkunde. "Die Quintessenz" Berlin 1973

3) Gillis, R.: Articulator Development S. 4

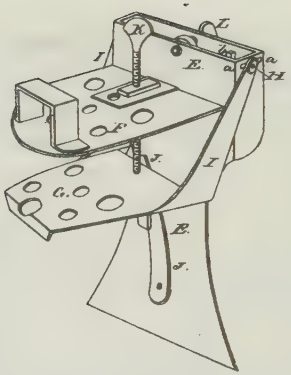


Abb. 17: Artikulator nach D.T. Evans mit horizontaler Kondylenbahn

aus: Gillis, R.: Articulator Development JADA 13, 3 (1926) S. 4

Der Artikulator, der von BONWILL[1] im Jahre 1858 vorgestellt wurde, hatte gegenüber dem von EVANS bis auf die Handlichkeit den Vorteil (Abb. 17), daß die Modelle nun nicht mehr willkürlich in den Artikulator gebracht werden, sondern sich an dem BONWILL'schen Dreieck[2] orientieren.
Die Geometrie dieses gleichseitigen Dreiecks, das aus den beiden Kondylen und dem Inzisalpunkt besteht, begleitet die Zahnheilkunde bis in unsere

---

1) Bonwill, W.G.A.: The Geometrical and Mechanical Laws of the Articulation of the Human Teeth. The Anatomical Articulator.
aus: The American System of Dentistry in Treatises by Various Authors. Edited by Wilbur F.Litch Vol. II, S. 486 ff.

2) Bonwill, W.G.A.: The Significance of the Equilateral Triangle. Dent. Items of Int. 21, 617 u. 636 (1899)

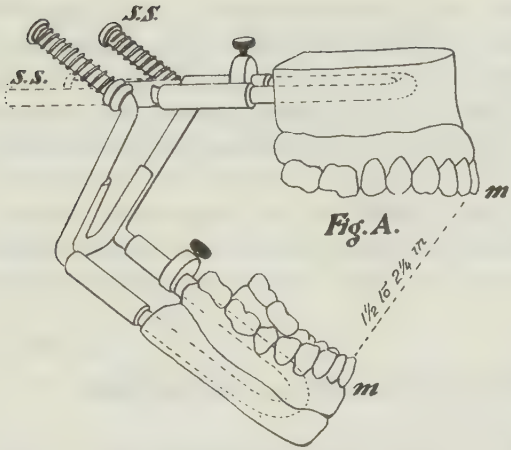


Abb. 18: BONWILL-Articulator ebenfalls mit horizontaler Kondylenbahn. Das Einartikulieren der Modelle erfolgte mit Hilfe einer Vorrichtung nach dem BONWILL'schen Dreieck.
Bonwill, W.G.A.: Geometrical and Mechanical Laws. The American System of Dentistry, Litch S. 493

Zeit.[1] BONWILL hatte anhand von Schädeluntersuchungen festgestellt, daß diese drei Punkte jeweils ca. 10 cm voneinander entfernt sind. Man kann sagen, daß BONWILL der Begründer der Artikulationslehre war.

Die Entdeckung BALKWILL's[2] aus dem Jahre 1866 blieb lange Zeit unberücksichtigt, obwohl sie richtungsweisend gewesen wäre. Er fand nämlich, daß es

---

1) Gerber, A.: Bewegungen des Unterkiefers und deren Wiedergabe im Artikulator. Zahnärztl. Welt, 464-468 (1950)

2) Balkwill: The Best Form and Arrangement of Artifical Teeth for Mastication. Trans. Odont. Soc. G B 5, 133 (1866)
zitiert aus: Die Geschichte der Zahnheilkunde, Hoffmann-Axthelm

eine Öffnungs- und Schließungsachse gibt, die durch beide Kondylen verläuft und ferner, daß die Kondylen sich bei der Vorschubbewegung nach vorwärts und abwärts bewegen. Er beschreibt weiter, daß der Unterkiefer bei der Lateralbewegung sich körperlich bewegt und daß dabei den Eckzähnen eine Führungsfunktion zukommt. BALKWILL hat jedoch aus seinen theoretischen Kenntnissen keine praktische Nutzanwendung gezogen und einen entsprechenden Artikulator gebaut.

3.2. Die ersten einstellbaren Artikulatoren

Mit WALKER[1] begann 1896 eine neue Zeit in der Entwicklung von Artikulatoren. Er war der erste, der einen Artikulator mit einstellbaren Kondylenbahnen konstruierte. Er entwickelte die photographische Unterkieferbewegungsaufzeichnung von LUCE[2] weiter. Mit seinem "Facial Clinometer", der einem Gesichtsbogen recht ähnlich sieht, war er in der Lage, die Kondylenbahnen graphisch aufzuzeichnen und auf seinen Artikulator zu übertragen.

Das Weiterführende in der Arbeit von WALKER bestand darin, daß er sich nun Gedanken darüber machte, was passiert, wenn der Unterkiefer sich aus der Schlußbißlage heraus bewegt. Zur Darstellung dieser Bewegung bediente er sich extraoraler graphischer Methoden. WALKER benutzte zum Beweis seiner

---

1) Walker, W.E.:
- Prothetic Dentistry: The Glenoid Fossa. The Movements of the Mandible: The cusps of the teeth. Dent. Cosmos 38, 34 (1896)
- Movement of the Mandibular Condyles and Dental Articulation. Dent. Cosmos 38, 573 (1896)
- The Walker Physiological Articulator. Dent.Items of Interest 18, 297 (1896)

2) Luce, C.E.:
- The Movement of the Lower Jaw. Boston M. Surg. J. 121, 8 (1889)
- Mandibular Movements. Ash's Monthly, 921 (1911)

Behauptung, daß sich der Kondylus bei Protrusions- und Lateralbewegung bewegt, ein sog. "Facial clinometer". Mit Hilfe einer mechanischen Vorrichtung konnte er verschiedene Gesichtswinkel bestimmen und diese auf seinen Artikulator übertragen.

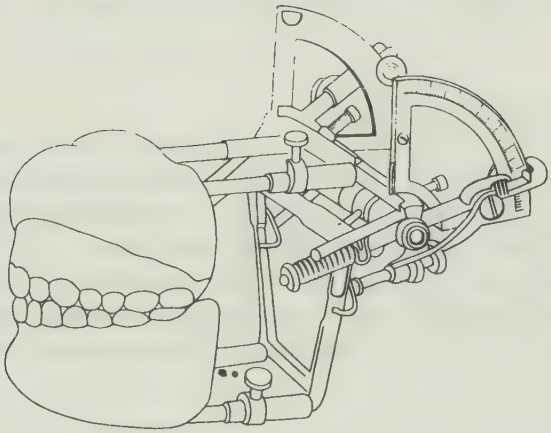


Abb. 18a: WALKER-Artikulator mit einstellbarer Kondylenbahn für Protrusions- und Lateralbewegung

aus: Walker, W.E.: The Walker Physiological Articulator Dent. Items of Interest 18, 297 (1896)

Eine andere Art die Bewegungskapazität des Unterkiefers zu bestimmen, beschrieb 1901 CHRISTENSEN[1]. Er benutzte intraorale Wachsbisse, um die Neigung der Gelenkbahnen zu bestimmen. Das Phänomen, das er sich zunutze machte, wurde nach ihm das CHRISTENSEN'-sche Phänomen genannt und findet bei der Einstellung verschiedener Artikulatoren noch heute Anwendung. CHRISTENSEN stellte fest, daß bei der Vorschubbewegung im Seitenzahngebiet eine Nonokklusion - sowohl beim Bezahnten wie auch beim Unbezahnten zwischen den Bißwällen - entsteht. Er schloß daraus, daß das Klaffen im Seitenzahngebiet proportional zur Kondylenbahnneigung sein muß. Er legte erweichte Wachskugeln zwischen die Okklusionsreihen und ließ in der Protrusionsstellung zubeißen.
Dieses Verfahren wird bis heute bei bestimmten Artikulatoren angewandt (siehe Abb. 25 S. 60 und S. 96 ff).

3.3. Der SNOW-Gesichtsbogen

Bis zum Jahre 1887 hatte man bis auf das BONWILL'-sche Dreieck keinen Anhaltspunkt, wie die Modelle exakt in einen Artikulator zu bringen waren. HAYES[2] entwickelte einen Gesichtsbogen, der - verbessert durch SNOW[3] - es ermöglichte, die Modelle gelenkbezüglich in den Artikulator zu setzen.

---

1) Christensen, C.:
- A Rational Articulator. Ash's Quarterly (1901)
- Problems of the Bite. Dent. Cosmos 47, 1184 (1905)

2) aus: Fischer, R.: Die Artikulationslehre, in: Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde von K. Häupl IV, Urban u. Schwarzenberg, München, Berlin 1956 S. 145

3) Snow, G.B.: The Present Status of the Articular Question. Dent. Digest 13, 811 (1907)
siehe dazu auch Abb. 23 S. 58

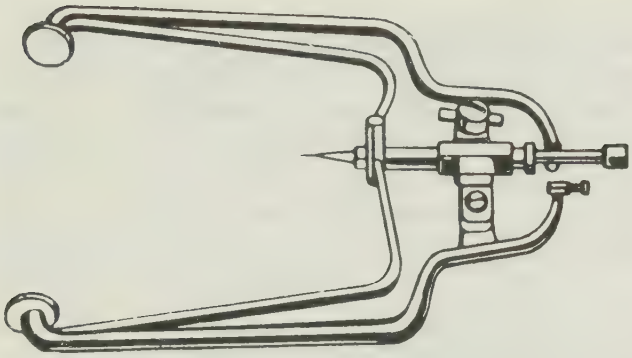


Abb. 19: Modifizierter Hayes-Gesichtsbogen, der in ähnlicher Form als Mittelwert-Gesichtsbogen mit und ohne Orbitalpunktzeiger noch heute gebräuchlich ist.

aus: Fischer, R.: Die Artikulationslehre S. 145

Einen Schritt weiter in die richtige Richtung führte die Erkenntnis von CAMPION[1)] 1905, der eine Rotations- und eine Translationsbewegung des Unterkiefers bei der Öffnungsbewegung feststellte. Er folgerte daraus, daß die Gelenkachse des Patienten und die Artikulatorachse übereinstimmen müssen und schuf so die Grundlage zur sinnvollen Anwendung des Snow-Bogens.

Eine richtige Einschätzung der Bedeutung der Achsentheorie gab GYSI, der klar feststellte, das falsch einartikulierte Modelle zu unstabil lagernden Prothesen führen (Abb. 20).

---

1) Campion, G.G.: Some Graphic Records of Movements of the Mandible in the Living Subject (and their Bearing on the Mechanism of the Joint and Construction of Articulators). Dent. Cosmos 47, 39 (1905)

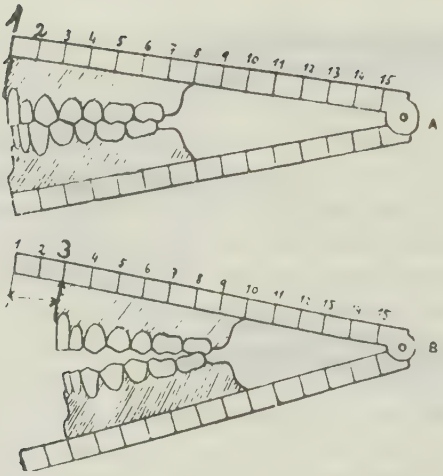


Abb. 20: Die Bedeutung des richtigen Einartikulierens von Modellen bezüglich einer Achse verdeutlichte GYSI mit dieser Abbildung

aus: Gysi, A.: Beitrag zum Artikulationsproblem. Verlag August Hirschwald, Berlin 1908 S. 32

Die Erkenntnis von PARFITT[1] - ebenfalls in den ersten Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts - daß der Unterkiefer bei der Seitwärtsbewegung um eine vertikale Achse rotiert und daß dabei die Gelenkbahnen rechts und links verschieden sind, sollte die weitere Entwicklung der Artikulationstechnik stark beeinflußen.

3.4. GYSI

Diese weitere Entwicklung wird hauptsächlich von GYSI[2] getragen. Seine Feststellung, daß die Auf-

---

1) Parfitt, J.B.: A New Anatomical Articulator. Ash's Quarterly (1903)

2) Gysi, A.:
- The Problem of Articulation, Dent. Cosmos 52, 1 (1910)

zeichnung des individuellen Bewegungsmusters und die Übertragung auf einen Artikulator, die Lösung des Artikulatorproblems bedeuten, war richtungsweisend. Er stellte mit dem Adaptable-Artikulator 1908 ein Gerät vor, das verstellbare Gelenkbahnneigungen, eine verstellbare Vorrichtung für die Seitwärtsbewegung und einen verstellbaren Schneidezahnführungsteller aufwies.

GYSI zeichnete als erster die von BENNETT[1] 1908 beschriebene Seitwärtsbewegung des Arbeitskondylus bei der Lateralbewegung graphisch auf. GYSI konstruierte zwei extraorale Aufzeichnungsgeräte. Mit dem einen zeichnete er in der Horizontalebene den Pfeilwinkel durch die Lateralbewegung des Unterkiefers auf (Abb. 22). Mit dem anderen Gerät, einem Gesichtsbogen, zeichnete er die Kondylenbahn in der Sagittalebene auf. Mit Hilfe dieser Schreibvorrichtungen wurden die Modelle auch gelenkbezüglich einartikuliert.

Mit der Artikulatorentwicklung GISY's ging auch seine okklusale Gestaltung künstlicher Zähne und deren Aufstellung nach bestimmten Regeln einher, die bis auf kleine Modifikationen noch heute Gültigkeit haben.

- Kieferbewegung und Zahnform. Handbuch der Zahnheilkunde Bd. IV, S. 96, Berlin 1929
- An Analysis of the Development of the Articulator. J. Amer. dent. Ass. 17, 1401 (1930)
- Modifikation des Artikulators und der Aufstellregeln für Vollprothesen. Bern, 1958
  auch: Gerber, A.: Prof.Dr.h.c. Alfred Gysi, geb. am 31. August 1865, sein wissenschaftliches Vermächtnis und wir. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 75, 827 (1965)

1) Bennett, N.G.: A Contribution to the Study of the Movements of the Mandible. Reprint from 1908, J. Prosth. Dent. 8, 41 (1958)

3.5. Die ersten teiljustierbaren Artikulatoren

Im Jahre 1924 stellte WADSWORTH[1)] einen Artikulator vor, der als Neuheit einen verstellbaren Interkondylarabstand aufwies.

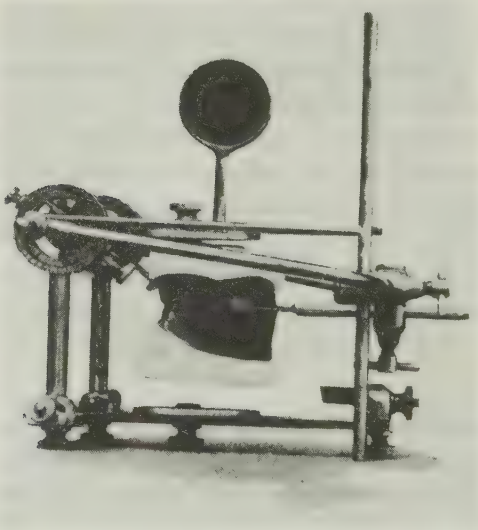


Abb. 21: Der WADSWORTH-Artikulator, der als erster mit verstellbarem Interkondylarabstand arbeitet. Als weitere Neuerung empfahl WADSWORTH das Einartikulieren der Modelle mit dem SNOW-Gesichtsbogen, an den er sein T-attatchment anbrachte zum Abgreifen einer Schädelebene am Patienten.
aus: WADSWORTH, F.: A Practical System Dental Cosmos, 1925 S. 682

---

1) Wadsworth, Frank: A Practical System of Denture Prothesis Including the Restauration of Anatomical Articulation. Dent. Cosmos, 67 , 760 (1925)
noch Wadsworth, F.: Mandibular Movements, Occlusion and Correlation of Orthodentia and Prosthodontia.
Orthodont., Oral Surg. Int. J. 11, 327 (1925)

Darüberhinaus empfahl WADSWORTH als erster das Einartikulieren des Oberkiefermodells bezüglich einer definierten Schädelebene. Er legte am Patienten ein Dreieck fest, dessen drei Punkte am äußeren Augenwinkel, am Nasenflügel und am Gelenk lagen. Die Verbindungslinie vom Augenwinkel zur Nase wurde halbiert und mit dem Gelenkpunkt verbunden. Das T-attachment wurde nun mit dem senkrechten Anteil mit dem Snow-Bogen verknebelt, mit dem horizontalen Anteil wurde die Schädelebene abgegriffen.

Der von HANAU[1)] 1923 entwickelte Artikulator ermöglichte die Einstellung der sagittalen und lateralen Kondylenbahnneigung mit Wachsbissen unter Ausnutzung des CHRISTENSEN'schen Phänomen. Mit geringen Modifikationen entspricht der HANAU-Artikulator dem Dentatus-Artikulator, der heute angewendet wird.

Die von PHILLIPS[2)] 1927 entwickelte Stützstiftregistrierung wurde von STANSBERRY, McGRANE, McCOLLUM und GERBER[3)] übernommen. Mit Hilfe der Stützstiftmethode ist es möglich eine Registrierung vorzunehmen, bei der nur die Gelenkstrukturen und die Muskulatur die Führung bei der Unterkieferbewegung übernehmen. PHILLIPS wandte diese Methode bei der Herstellung von Totalprothesen an. Er befestigte in der Mitte der Oberkiefer-Bißschablone den sog. Stützstift und an der Unterkiefer-Bißschablone eine Metallführungsplatte. Stützstift und Platte stehen senkrecht zueinander. Nach der Festlegung der verti-

---

1) Hanau, R.L.: The Relation Between Mechanical and Anatomical Articulation. J. Amer. Dent. Ass. 10, 776 (1923)
- The Laws of Articulation and their Practical Application. Bul. Chicago D. Soc. 6, 8 (1925)
- Full Denture Prothesis-Intraoral Technique for Hanau Articular Model H. D. Outlook, 17 499 (1930)

2) Philipps, G.P.: Graphic Reproduction of Mandibular Movements for Full Denture Construction. J. Amer. Dent. Ass. 15, 1467 (1928)

3) Gerber, A.: Die Bewegungen des Unterkiefers und deren Wiedergabe im Artikulator. Zahnärztl. Welt 51, 464 (1950)

kalen Bißhöhe kann der Patient mit seinem Unterkiefer Bewegungen durchführen, die entweder direkt auf der Metallplatte aufgezeichnet werden können, also intraoral wie bei McGRANE oder GERBER, oder an extraoral angebrachten Schreibvorrichtungen wie bei GYSI, PHILLIPS, McCOLLUM und STUART und SWANSON. Die Figur, die sich bei der Durchführung einer Protrusionsbewegung und den links- und rechtslateralen Grenzbewegungen ergibt, wird auch 'Pfeilwinkel' genannt. Siehe hierzu die Abbildung 11 auf Seite 35. Ein Horizontalschnitt durch das räumliche Posselt-Diagramm ergibt eine rhombenförmige Figur, dessen eine Hälfte auch als Pfeilwinkel bezeichnet wird. Diese extraoral-graphische Registrierung des Pfeilwinkels stellt die Anfänge der Pantographie dar.

3.6. Die terminale Scharnierachse

1926 entwickelte McCOLLUM[1)] eine praktische Methode zum Auffinden der terminalen Scharnierachse, indem er den Gesichtsbogen von SNOW dreiteilte, um links und rechts unabhängig einstellen zu können, und indem er ihn mit dem Unterkiefer verband.

Okklusionsdiagnostik, Okklusionstherapie. Condylator-Service, 8028 Zürich, Postf. 114, Juli 1970 mit Ergänzungen Oktober 1974

- Okklusionslehre, Okklusionsdiagnostik und Okklusionsbehandlung im Wandel unserer Aspekte. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 80, 447 (1970)

1) McCollum, B.B.: Fundamentals Involved in Prescribing Restorative Dental Remedies. aus:
A Research Repert
by Beverly B. McCollum u. Charles E. Stuart
Published by Chas. F. Stuart, Ventura 1955
Scientific Press, S. 34 ff.

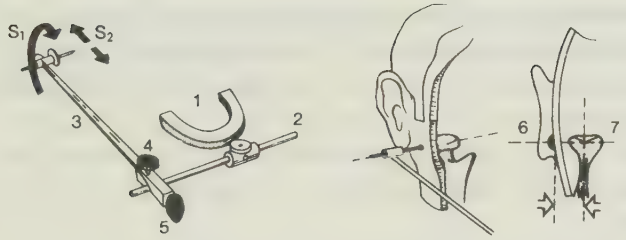


Abb. 22: Gerät zur Ortung des Rotationszentrums: Gelenkachsenlokalisator.
1: Befestigung an der Unterkieferzahlreihe.
2: Transversalgestänge.
3: Meßzeiger-Drehung der Mikroschraube (4) macht eine vertikale Drehbewegung S_1. Drehung der Mikroschraube (5) bewegt die Nadel in mesiodistaler Richtung S_2. Der Schnittpunkt der Achse mit der äußeren Haut (6) liegt lateral vom gemeinsamen Rotationszentrum (7)

aus: KÖRBER, Karlheinz, Zahnärztliche Prothetik, Bd. I, S. 161. Georg Thieme Verlag Stuttgart 1975

Er benutzte weiterhin die Vorrichtung von WADSWORTH, um eine Schädelebene am Patienten abzugreifen. Mit Hilfe der Gesichtsbogenübertragung war er in der Lage, das Oberkiefermodell achsen- und schädelbezüglich in den Artikulator zu bringen. Die Ebene, die er benutzte, war die Achsen-Orbital-Ebene, eine Modifikation der Frankfurter Horizontale. McCOLLUM entwickelte zusammen mit STUART einen Artikulator, der mit Hilfe eines "Gnathographen" einstellbar war. Der Gnathograph[1)] bestand aus einem Oberkiefer- und Unterkiefergesichtsbogen, die Schreibplatten und Schreibstifte in zwei Ebenen des Raumes trugen. In der Gegend des Kondylus befand sich jeweils eine vertikale Schreibplatte (am Oberkiefer befestigt) und ein horizontaler Schreibstift (am Unterkiefer befestigt), links und rechts neben der Mittellinie

---

1) McCollum, Stuart: Research Report, S. 66 ff.

jeweils eine horizontale Schreibplatte (befestigt am Unterkiefer) mit einem vertikalen Schreibstift (befestigt am Oberkiefer). Eine Überprüfung dieses Artikulators mit Hilfe von extraoralen graphischen Aufzeichnungen in allen Ebenen des Raumes ergab jedoch, daß er nicht ausreichte, um die Bewegungskapazität eines Unterkiefers vollständig zu erfassen.

3.7. Heute gebräuchliche Artikulatoren und Diskussion ihrer Konzepte

Die heute gebräuchlichen Artikulatoren sind teiljustierbar, d.h. sie ermöglichen rein technisch nur eine teilweise Reproduktion der unterschiedlichen Unterkieferbewegungen und -positionen.

Sie gehen alle davon aus, daß Positionen und Bewegungen des Unterkiefers ohne Zahnkontakt registriert werden. Die Disklusion der Zahnreihen erfolgt dabei mit Hilfe von Wachsbissen oder mit der zentralen Stützstiftschraube.

3.7.1. Dentatus-Artikulator

Der Dentatus-Artikulator[1)] ist eine Modifikation des Hanau-Artikulators und ermöglicht das scharnierachsen- und schädelbezügliche Einartikulieren des Oberkiefergipsmodells ebenso wie das Einartikulieren nach Mittelwerten mit dem SNOW-Gesichtsbogen (Abb. 23). Das Unterkiefermodell wird mit Hilfe eines zentrischen Wachsregistrates zum Oberkiefermodell einartikuliert (Abb. 24). Eine genaue Beschreibung der zentrischen Bißnahme findet sich in

---

1) Gebrauchsanweisung für Dentatus Artikulatoren Typ ARH, ARL, AB Dentatus, Jakobsdalsvägen 14-16. S- 12653 Hägersten, Schweden 1973
auch:
Posselt, U.: Physiology of Occlusion, S. 116 - 165

Kapitel 4.5.5.. Kondylenbahneignungswinkel und Bennettwinkel werden mit Hilfe von Protrusionscheckbissen und links- und rechtslateralen Checkbissen eingestellt (Abb. 25).

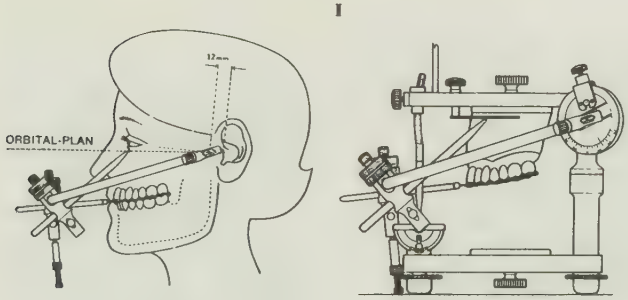


Abb. 23: Diese Abbildung zeigt den am Patienten und am Artikulator angelegten "Mittelwertgesichtsbogen" nach SNOW. Dabei wurden die terminalen Scharnierachspunkte nicht individuell bestimmt sonders es wird davon ausgegangen, daß diese Punkte annähernd auf einer Verbindungslinie Tragus-Augenwinkel liegen und zwar ca. 12 mm vom Tragus entfernt. Der Dritte Punkt, der für dieses gelenk- und schädelbezügliche Vorgehen benötigt wird, ist der Infraorbitalpunkt. Die so am Patienten gewonnenen Relationen werden auf den Dentatus-Artikulator übertragen und das Oberkiefergipsmodell wird einartikuliert.

Quelle für Abb. 23 - 25:
Gebrauchsanweisung für Dentatus Artikulatoren S. 14 - 16

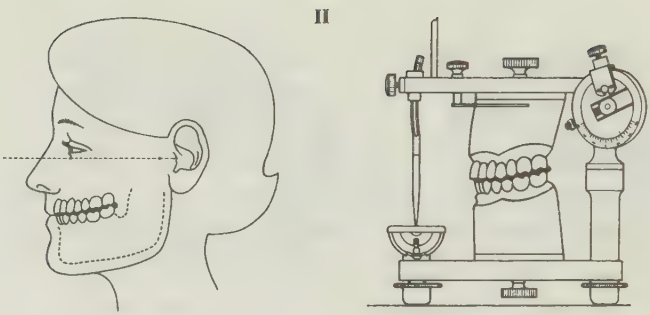


Abb. 24: Das Unterkiefergipsmodell wird mit einem zentrischen Wachsregistrat eingegipst.

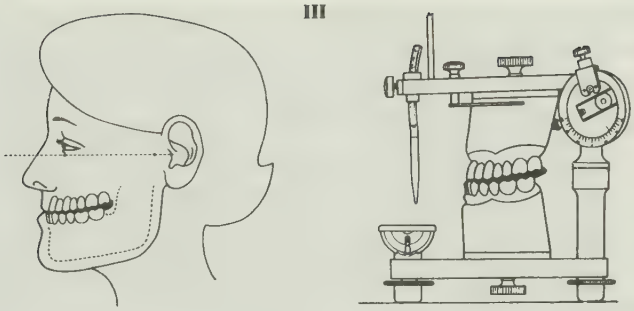


Abb. 25: In einer Protrusionsstellung wird am Patienten ein Wachsbiß genommen, der auf die einartikulierten Gipsmodelle übertragen wird und bei gelöster Kondylenarretierung die Kondylarbahnneigung ergibt. Mit links- und rechtslateralen Checkbissen wird am gleichen Kondylenmechanismus der Bennettwinkel eingestellt. Die beiden Winkeleinstellungen beeinflussen sich gegenseitig.

Protrusions- und Lateralcheckbisse reproduzieren nur einen bestimmten Punkt der Protrusionsbahn und der Laterotrisionsbahn. Sie erlauben keine Rückschlüsse auf die Form der tatsächlich zwischen den registrierten Punkten abgelaufenen Bewegung. Sie kann geradlinig sein und damit der Bewegungsmöglichkeit des Artikulators entsprechen. Sind die Bewegungsbahnen des Unterkiefers jedoch gekrümmt, dann gibt der Dentatus-Artikulator nur den Ausgangspunkt der Bewegung und den registrierten Punkt korrekt wieder (siehe Abb. 29).

Der Dentatus-Artikulator ist ein Non-Arcon-Artikulator, d.h. die Kondylen befinden sich am Oberteil des Artikulators und die Führungsflächen am Unterteil, also genau umgekehrt wie in der Realität. Diese Anordnung bedingt, daß die Einstellung des Kondylenbahnneigungswinkel die Werte des Bennettwinkels beeinflußt und umgekehrt.

Beim Dentatus-Artikulator ist der Interkondylarabstand nicht individuell einstellbar.

3.7.2. Whip-Mix-Artikulator

Der Whip-Mix-Artikulator[1)] ist eine Vereinfachung des STUART-Artikulators und als solcher ein Artikulator vom Arcon-Typ, d.h. die Kondylen sind am Artikulatorunterteil und die Führungsflächen am Artikulatoroberteil. Die Bewegungen können also direkt nachgeahmt und beobachtet werden.

Ebenso wie beim Dentatus-Artikulator kann das Oberkiefergipsmodell scharnierachsen- und schädelbezüglich wie auch mittelwertig einartikuliert werden.

---

1) WHIP-MIX, Instruktionen für den Gebrauch des Whip-Mix-Artikulators und des schnell montierbaren Gesichtsbogens. Whip-Mix-Corporation 361 Farmington Ave P.O.B. 17183, Louisville, Ky 40217 USA

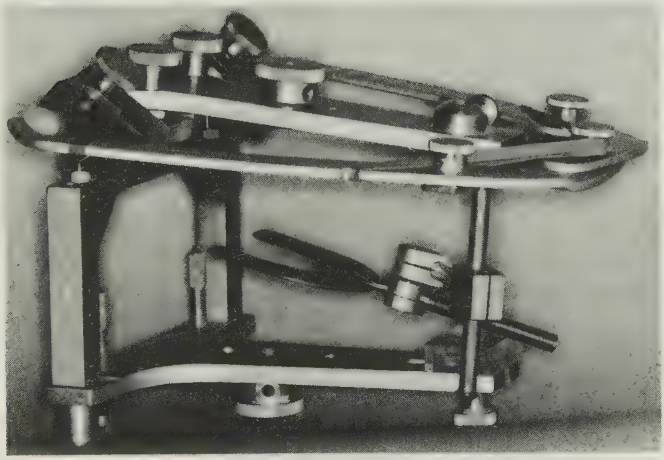


Abb. 26: WHIP-MIX-Artikulator mit angelegtem quick-mount-Gesichtsbogen

Mittelwertig wird das Oberkiefergipsmodell mittels des quick-mount einartikuliert. Dabei wird mit dem Gesichtsbogen gleichzeitig der ungefähre Interkondylarabstand mit den drei Positionen S (small), M (medium) und L (large) bestimmt. Das Artikulatorunterteil sieht für die Kondylen links und rechts drei entsprechende Positionen vor. Die Führungsflächen des Artikulatoroberteils werden durch Distanzscheiben adaptiert. Die Kondylenbahnneigung und der Bennettwinkel werden über Wachsbisse eingestellt. Im Gegensatz zum Dentatus-Artikulator besteht jedoch kein direkter Zusammenhang zwischen der Einstellung des Kondylenbahnneigungswinkel und dem Bennettwinkel.

3.7.3. Kondylator nach GERBER

Bei dem GERBER-Artikulator[1] handelt es sich um einen Nonarcon-Artikulator. Bei diesem Artikulator wird zuerst das Unterkiefergipsmodell gelenkbezüglich einartikuliert. Man bedient sich hierbei des Gesichtsbogens, mit dem auch die Unterkieferbewegung aufgezeichnet wird. Eine Registrierplatte (Abb. 28) wird mit Abdruckmaterial am Unterkiefer befestigt. Auf diese Registrierplatte wird der Registrierbogen gesteckt. An dem Gesichtsbogen befinden sich anstelle der beiden Bleistifte rote Metallstifte mit einer Kalibrierung. Die Spitzen werden auf die Gelenkgegend eingestellt und der Betrag, um den die Spitzen aus ihrer Halterung herausgezogen werden, wird beim Anlegen des Gesichtsbogens am Artikulator reproduziert (Abb. 28).

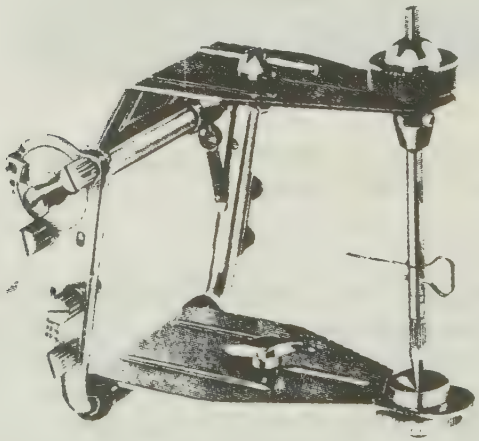


Abb. 27: GERBER-Kondylator

---

1) Gerber, A.: Okklusionsdiagnostik, Condylatorservice, Zürich, 1974

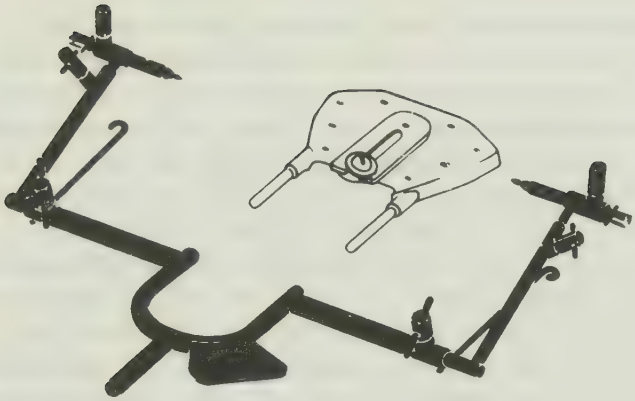


Abb 28a: GERBER-Registrierplatte mit aufsteckbarem Gesichtsbogen, der zum extraoralen graphischen Aufzeichnen der Kondylenbahnneigung und zum gelenkbezüglichen Einartikulieren des Unterkiefermodells dient.
aus: Gerber, A: Okklusionsdiagnostik, S.

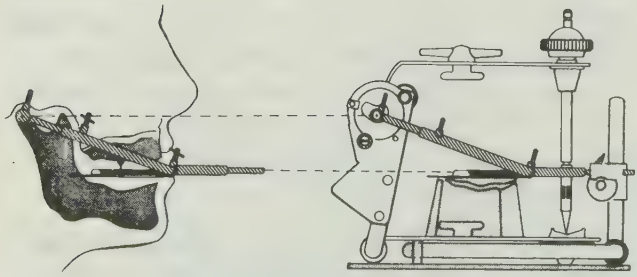


Abb. 28b: Individuell maßgenaues Übertragen der Kieferrelation nach Gelenkachsenregistrierung mit dem Gesichtsbogen in den Kondylator nach GERBER.
aus: Körber, K.H.: Prothetik, Bd. I, S. 155

Mit Hilfe der Stützstiftregistrierung und der Pfeilwinkeltechnik wird dann das Oberkiefergipsmodell einartikuliert. Der Stützstift befindet sich an einem Registrierbehelf im Oberkiefer. Bei der Protrusionsbewegung und bei der links- und rechtslateralen Bewegung wird vom Stützstift auf der eingefärbten Registrierplatte des Unterkiefers ein Pfeilwinkel aufgezeichnet. Der Stützstift wird auf die Pfeilspitze eingestellt, und der Oberkiefer am Unterkiefer mit Gips verschlüsselt. Am Ende des Gesichtsbogens, der auf das Gelenk eingestellt wird, befindet sich eine Schreibvorrichtung, mit der auf einer Registrierkarte, die vom Behandler parallel zur Achsen-Orbital-Ebene gehalten wird, die Kondylenbahn aufgezeichnet werden kann. Diese Kondylenbahn wird dann in eine gerade Linie umgeändert, so daß ein Winkel, der Kondylenbahnneigungswinkel, ablesbar ist. Siehe dazu Seite 2. M.Hofmann[1] empfiehlt zur Standardisierung des Verfahrens vom Startpunkt 5 mm abzutragen. Die beiden sich ergebenden Punkte werden mit einander verbunden und ergeben so den einen Schenkel des Horizontalkondylenbahnneigungswinkel.

Mit den drei Artikulatoren ist es nicht möglich, die individuellen Kondylenbahnen in der Sagittalebene für die Prostrusionsbewegung und die individuelle Kondylenbahnen in der Horizontalebene für die Lateralbewegung zu reproduzieren. Sie erlauben es ferner nicht, die individuelle Bewegungsmöglichkeit des Arbeitskondylus bei der Lateralbewegung zu reproduzieren. Sie arbeiten mit Lateralbewegungen des Arbeitskondylus, die von den mechanischen Teilen des Artikulators vorgegeben sind.

Aus der Abbildung 29 ist zu entnehmen, welchen Einfluß Fehler bei der Registrierung bzw. in der technischen Ausführung der Artikulatoren haben können.

---

1) Hofmann, M.: Totale Prothesen nach dem All-Oral-Verfahren. Carl Hanser, München-Wien, 1975

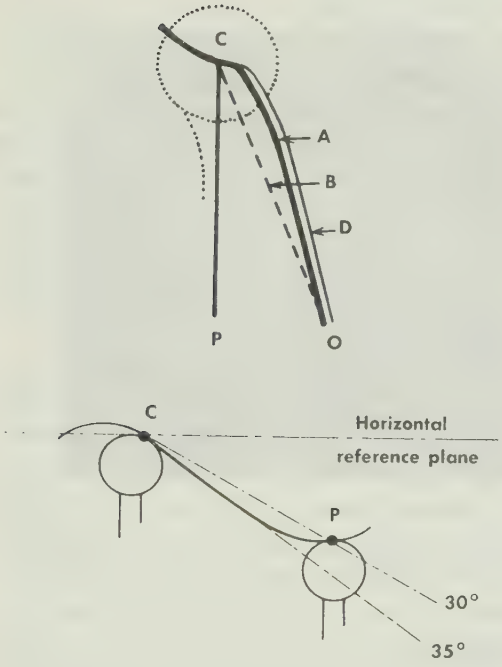


Abb. 29: Die Bahn A repräsentiert die Bewegungsmöglichkeit eines Balancekondylus. Ein Artikulator kann so eingestellt werden, daß er (A) die Grenzbewegung widergeben kann, (B) eine Bewegung innerhalb der Grenzbewegung oder (D) eine Bewegung außerhalb der Grenzbewegung.

Der Kondylus befindet sich in C in zentrischer Position und in P in einer Protrusionsstellung. Ein Artikulator, z.B. der Dentatus, der nach den Stellungsregistraten eingestellt wird, ergäbe einen Kondylenbahnneigungswinkel von 30°. Bei einem Artikulator, z.B. dem Gerber-Kondylator, bei dem die sinusförmige Aufzeichnung der Protrusionsbahn zu einem Winkel umgeformt wird, ergäbe sich eine Winkeleinstellung von 35°.

aus: Kornfeld, B.: Mouth Rehabilitation, S. 329

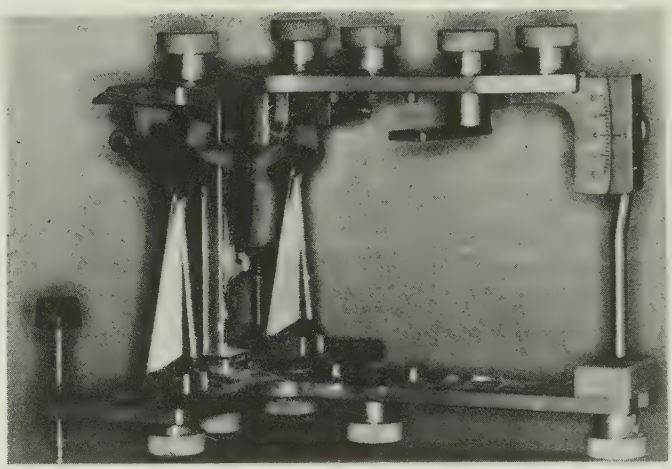


Abb. 30: TMJ - Artikulator

Der TMJ-Artikulator

Der TMJ-Artikulator (Tempero-Mandibular-Joint) nach SWANSON-WIPF (Abb. 30) ist wie der Whip-Mix-Artikulator ein Artikulator vom Arcon-Typ, d.h. die Kondylen sind am Artikulatorenunterteil und die Kondylenführungsflächen am Artikulatoroberteil.

Das Oberkiefergipsmodell wird mit Hilfe einer Gesichtsbogenübertragung (siehe Kapitel 4.5.3.) scharnierachsen- und schädelbezüglich einartikuliert. Das Unterkiefergipsmodell wird mit Hilfe der Zentrikbißnahme (siehe Kapitel 4.5.5.) einartikuliert. Die Führungsflächen für die Kondylenkugeln des Artikulatorunterteils werden direkt nach einer intraoralen Pfeilwinkelregistrierung in Kunststoff nachgebildet.

Dazu besitzt die Oberkieferregistrierplatte drei Stützstifte; einen in der Mittellinie im Frontzahn-

bereich und je einen links und rechts im Bereich der Seitenzähne. Auf der Unterkieferregistrierplatte wird in diesem Bereich selbsthärtender Kunststoff aufgetragen, in den die Stützstifte dann einen Pfeilwinkel bei der Aufzeichnung der Unterkiefergrenzbewegung eingravieren. Wenn der Kunststoff ausgehärtet ist, wird das Registrat auf den Artikulator übertragen. Im Bereich der Kondylenhalterung des Artikulatoroberteils wird selbsthärtender Kunststoff aufgetragen, in den durch die Kondylenkugeln des Artikulatorunterteils beim Abfahren der in Kunststoff aufgezeichneten Grenzbewegungen die Kondylenführungsflächen hergestellt werden.

Dieses Verfahren ergibt nach der Herstellerangabe einen individuell eingestellten Artikulator. MOSER, F. u.a.[1)] haben jedoch nachgewiesen, daß diese Aussage nicht richtig ist.

Hierfür gibt es verschiedene Gründe:

1. Um die diffizile Unterkieferbewegung aufzuzeichnen, reicht eine "dreifache" Stützstiftregistrierung im Bereich einer Ebene - der Kauebene - nicht aus.

2. Bei der Registrierung der Unterkieferbewegung darf vom Prinzip der Kontrollierbarkeit nicht abgegangen werden, d.h. jeder Arbeitsschritt muß identisch reproduzierbar sein. Bei der Eingravierung in Kunststoff erfolgt die Aufzeichnung intraoral, also für den Behandler nicht sichtbar und kontrollierbar. Beim Aushärten des Kunststoffes besteht die Gefahr, daß nicht mehr die individuelle Grenzbewegung die Führungsfunktion ausübt, sondern der sich verfestigende Kunststoff. Dies ist vom Behandler nicht feststellbar. Ebenso verhält es sich beim Reproduzieren der Kondylenführungsflächen.

3. Aus der Aufzeichnung nach SWANSON-WIPF ergeben sich keine Rückschlüsse auf die Gestaltung der Kauflächen (siehe Kapitel 5 S. 140)

---

1) Moser, F. u.a.: Vergleichende Untersuchung der Registrierung nach Swanson-Wipf und der pantographischen Aufzeichnung nach Stuart. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 85, 1250 (1975)

4. STUART-Konzept

Um der gestellten Aufgabe, also der Beschreibung des STUART-Konzeptes gerecht zu werden, wurde die Methode bei 10 Probanden angewendet und die nachfolgende Arbeitsanleitung angegeben, die sich vorwiegend auf die Angaben von STUART (1973)stützt.

4.1. Entstehungsgeschichte des STUART-Artikulators

Der im folgenden beschriebene Artikulator wurde von STUART[1)] (1950) entwickelt und gebaut. STUART gehörte zu einer Gruppe von amerikanischen Zahnärzten, die sich seit Anfang der dreißiger Jahre mit der Erforschung der Unterkieferbewegung und deren Übertragung auf ein mechanisches Gerät beschäftigt haben. Zu dieser Gruppe gehörten unter anderem auch McCOLLUM, PAYNE und STALLARD.

McCOLLUM, ein Totalprothetiker, hatte 1926 als erster auf Anregung eines Kongressteilnehmers die Möglichkeit der Lokalisierung der terminalen Scharnierachse erkannt und unter Anwendung des SNOW-Gesichtsbogens dieses auch realisiert. Er veränderte den einteiligen SNOW-Bogen so, daß man die Scharnierachse links und rechts unabhängig von einander lokalisieren konnte. Unter Anwendung des T-attachment von WANDSWORTH war er in der Lage, Gipsmodelle des Oberkiefers scharnierachsenbezüglich und schädelbezüglich auf einen Artikulator zu übertragen.

McCOLLUM entwickelte zusammen mit STUART und STALLARD, einem Kieferorthopäden, einen Artikulator, den Gnathoscope, der zwar für alle Bewegungsarten eine Einstellungsmöglichkeit vorsah, jedoch die einzelnen Bewegungen der Mandibula nicht exakt re-

---

1) Stuart, Charles D.: Instructions for Use of Gnathological Instruments, Cophright 1973 Charles E. Stuart, P.O. Box 1298, Ventura, California 93001

produzieren konnte. (Besonders die verschiedenen Bewegungsformen des Arbeitskondylus konnte nicht wiedergegeben werden, da zum einen eine der drei Ebenen des Raumes fehlte, zum anderen aber auch die Schreibstifte des Gnathographen die Bewegungsbahnen in Wachs auf die Schreibplatten eingravieren mußten. Dazu war ein kräftiger Druck der Stifte erforderlich, der mit Hilfe von Gummibändern erzielt wurde.)

Geprüft wurde dies von STUART, der um 1950 eine Vorrichtung entwickelte, die die Bewegungen des Unterkiefers in den drei verschiedenen Ebenen des Raumes aufzeichnen kann. Zu diesem Bewegungsaufzeichner entwickelte er einen Artikulator, der auf diese Aufzeichnungen einstellbar war, sie also reproduzieren konnte.

Die Bewegungen der Mandibula wurden ohne Zahnkontakt vorgenommen, da bereits SCHUYLER[1)] erkannt hatte, daß beim Vollbezahnten ebenfalls eine Malokklusion vorliegen kann. Um eine Disklusion zu erreichen, wurde die zentrale Stützstiftschraube nach PHILLIPS benutzt.

4.2. Übertragungsbogen

Der vorliegende Gesichtsbogen oder Übertragungsbogen wurde aus dem SNOW-Gesichtsbogen und dem WADSWORTH-T-attatchment abgeleitet (Abb. 31) Für die individuelle Übertragung von Modellen in einen Artikulator benötigt man die beiden Scharnierachsenpunkte und einen anterioren Referenzpunkt, z.B. den tiefsten Punkt der rechten knöchernen Orbita oder die Projektion dieses Punktes auf die unbeweglichere Haut

---

1) Schuyler, C.H.: Principles Employed in Full Denture Prosthesis which May Be Apptied in Other Fields of Dentistry. J. Amer. Dent. Ass. 2045 (1929)

des Nasenrückens.[1] Aus Praktikabilitätsgründen und um vergleichen zu können, kann man auch einen Punkt wählen, der 52 mm von der Schneidekante des oberen mittleren Schneidzahnes entfernt auf der unbeweglichen Haut des Nasenrückens liegt.[2]

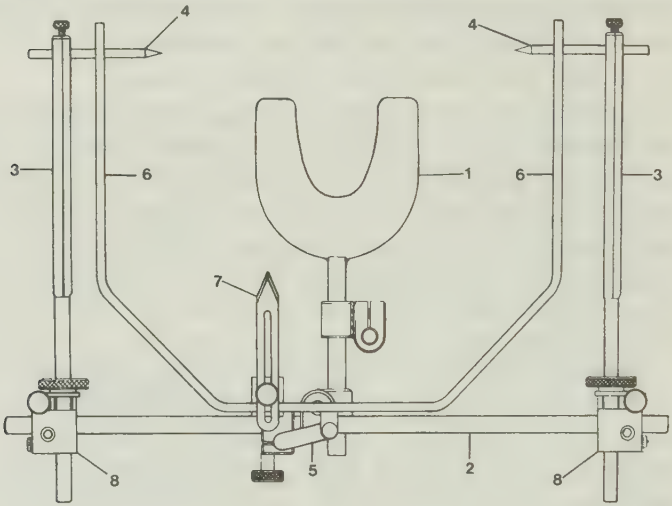


Abb. 31: Übertragungsbogen nach STUART

1. Bißgabel
2. Querarm
3. Seitenarm
4. Scharnierachsen-verlängerungsstifte
5. Orbitalbogenträger
6. Orbitalbogen
7. Orbitalanzeiger
8. Einstellvorrichtung (höhen- und längenverstellbar)

Abbildungen 31 - 33c, 34a, 35a): Originalzeichnungen zum STUART-Artikulator aus: Stuart, Ch. Instructions for Use of Gnathological Instruments Ventura 1973

---

1) Kornfeld, M.: S. 837
2) ebda.

Verbindet man diese drei Punkte, so erhält man die Achsen-Orbital-Ebene, eine Modifikation der Frankfurter Ebene.

Der Gesichtsbogen dient dazu, das Gipsmodell des Oberkiefers eines Patienten bezüglich der Achsen-Orbital-Ebene auf einen Artikulator zu übertragen.

Der Gesichtsbogen hat verschiedene Bestandteile: Die Bißgabel, die mit einem thermoplastischen Material beschickt an die Oberkieferzähne gebracht und von den Unterkieferzähnen dort gehalten wird, besitzt zwei Knebelschrauben. Eine innere, die den eingestellten Übertragungsbogen auf dem Montiertisch befestigt, und eine äußere, an die der Querarm des Gesichtsbogens angebracht wird (Abb. 31). Der Querarm trägt an seinen Enden längen- und höhenverstellbare Seitenarme, die an ihren Enden fixierbare Scharnierachsenverlängerungsstifte tragen, die auf die tätowierten Hautpunkte eingestellt werden. An dem Querarm wird vom Patienten aus rechts neben der Löffelarretierung der Orbitalbogen-Träger angebracht. Der Orbitalbogen wird anterior durch den Träger gehalten und posterior liegt er auf den Scharnierachsenverlängerungsstiften auf. Der Orbitalbogen hat einen Anzeiger, der auf den anterioren Referenzpunkt eingestellt wird.

Mit einem so am Patienten eingestellten Gesichtsbogen kann nun das Oberkiefermodell in den Artikulator gebracht werden. Ein derart montiertes Modell gewährleistet, daß die Öffnungs- und Schließachse des Patienten die gleiche ist wie die des Artikulators. Weiterhin sind die Zähne im Artikulator gleichweit von der Achsen-Orbital-Ebene entfernt wie im Mund des Patienten.

4.3. Pantograph

Die wie oben beschrieben im Artikulator angebrachten Modelle erlauben eine individuelle Öffnungs- und Schließbewegung. Um jetzt die anderen Bewegungen der Mandibula auf den Artikulator übertragen zu können, ist es notwendig, die Zentren der Lateralbewegung und deren Grenzbewegung darzustellen.

Mit Hilfe des Pantographen kann diese Anforderung an einen Artikulator erfüllt werden. Bei dem Pantographen handelt es sich um ein zweiteiliges Aufzeichnungsgerät, mit dem die Grenzbewegungen des Unterkiefers in den drei Ebenen des Raumes aufgezeichnet werden können.

Das Unterteil des Pantographen wird über eine Referenzplatte oder individuell hergestellte " clutches " mit einem separierbaren Löffelstiel mit dem Unterkiefer verbunden (Abb. 32a). Am Löffelstiel wird der Querarm des Pantographenunterteils angebracht. Er trägt zwei horizontale Schreibplatten - rechts und links neben der Mittellinie des Querarms -. Sie dienen zur Aufzeichnung des gotischen Bogens. An den beiden Enden des Querarms befinden sich links und rechts längen- und höhenverstellbare Seitenarme, die je einen horizontalen und einen vertikalen Schreibstift tragen, die zur Aufzeichnung der Grenzbewegung dienen.

Das Oberteil des Pantographen wird über eine Referenzplatte mit separierbarem Löffelstiel mit dem Oberkiefer verbunden (Abb. 32 b). An dem Löffelstiel wird der Querarm des Pantographenoberteils angebracht. Er trägt zwei Schreibstifte rechts und links neben der Mittellinie des Querarms. Sie dienen zur Aufzeichnung des doppelten gotischen Bogens auf den horizontalen Schreibplatten des Pantographenunterteils. Mit dieser Aufzeichnung werden die Zentren der Lateralbewegung bestimmt. An den beiden

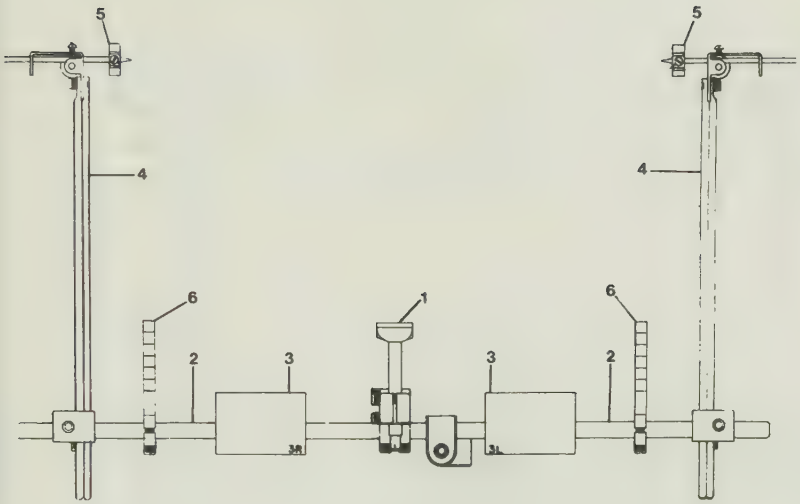


Abb. 32 a: Unterteil des Pantographen

1. separierbarer Löffelstiel
2. Querarm
3. horizontale Schreibplatten
4. Seitenarme
5. horizontale und vertikale Schreibstifte (mit Magnet)
6. Halterungen zum Verblocken

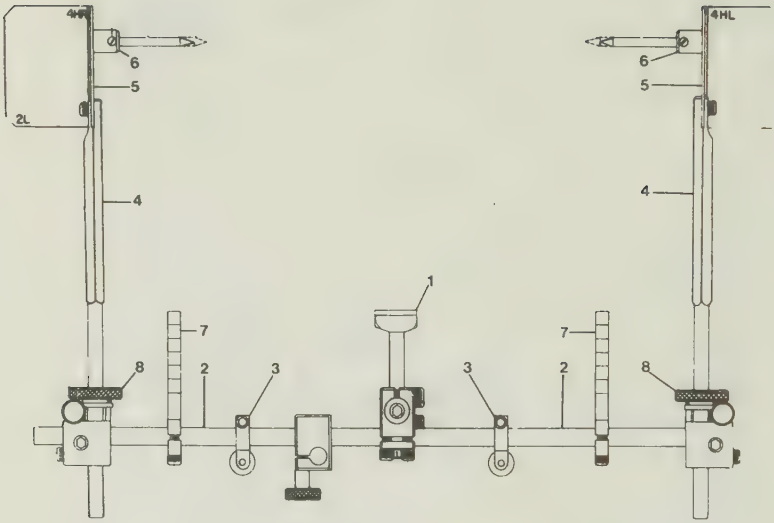


Abb. 32 b: Oberteil des Pantographen

1. separierbarer Löffelstiel
2. Querarm
3. Schreibstifte
4. Seitenarm
5. horizontale und vertikale Schreibplatte
6. Halterung für Scharnierachsenverlängerungsstifte bzw. für set-up-jig
7. Halterung zum Verblocken
8. Einstellvorrichtung (höhen- und längenverstellbar)

Enden des Querarms befinden sich links und rechts längen- und höhenverstellbare Seitenarme, die an ihren Enden je eine vertikale und horizontale Schreibplatte tragen. Auf diesen Schreibplatten zeichnen die Stifte des Pantographenunterteils die jeweiligen Grenzbewegungen auf. Die Innenseite der vertikalen Schreibplatte besitzt eine Halterung für die Scharnierachsenverlängerungsstifte, mit denen das Oberteil auf die terminale Scharnierachse eingestellt werden kann.

Nach der pantographischen Aufzeichnung werden in der zentrischen Position über Halterungen, die sich links und rechts neben den Schreibplatten und -stiften befinden, die beiden Teile des Pantographen miteinander vergipst. Mittels einer Knebelschraube, die sich links neben dem Löffelstiel und der linken Schreibplatte des Pantographenunterteils befindet, wird der verschlüsselte Pantograph auf dem Montiertisch befestigt. Die Vorrichtung wird auf den Artikulator eingestellt. Die verstellbaren Teile des Artikulators werden so ausgerichtet, daß die Schreibstifte des Pantographen den am Patienten aufgezeichneten Bewegungen folgen. Damit kann der Artikulator die am Patienten registrierten Grenzbewegungen reproduzieren.

4.4. STUART-Artikulator

Der Artikulator besteht aus zwei Hauptarmen, einem oberen und einem unteren, die über eine Zentriervorrichtung in Grundstellung gegeneinander gehalten werden (Abb. 33a).

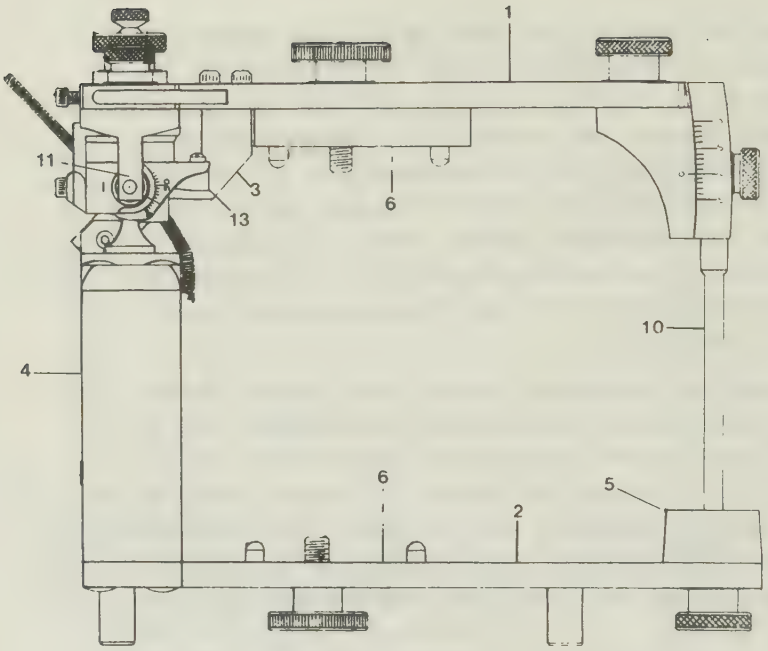


Abb. 33a: Seitenansicht des STUART-Artikulators

1. Artikulatoroberteil
2. Artikulatorunterteil
3. Zentriervorrichtung
4. Rückenteil
5. Inzisaltisch
6. Halterung für Montageplatten
10. Inzisalstift
11. Scharnierachsenindikator
13. Kunststoffeinsatz

Der untere Arm des Artikulators besteht aus einem horizontalen und einem senkrecht dazu stehenden Rückenteil. Der horizontale Arm trägt anterior den Inzisaltisch und in der Mitte eine Vorrichtung zur Fixierung der Montageplatte für das Unterkiefermodell. Der vertikale Arm trägt auf jeder Seite die fixen side-shift-Führungskugeln und die horizontal verstellbaren Kondylarkugeln. Das Unterteil kann über zwei Adjustier-Schrauben höhenverstellt werden.(Abb. 33b).

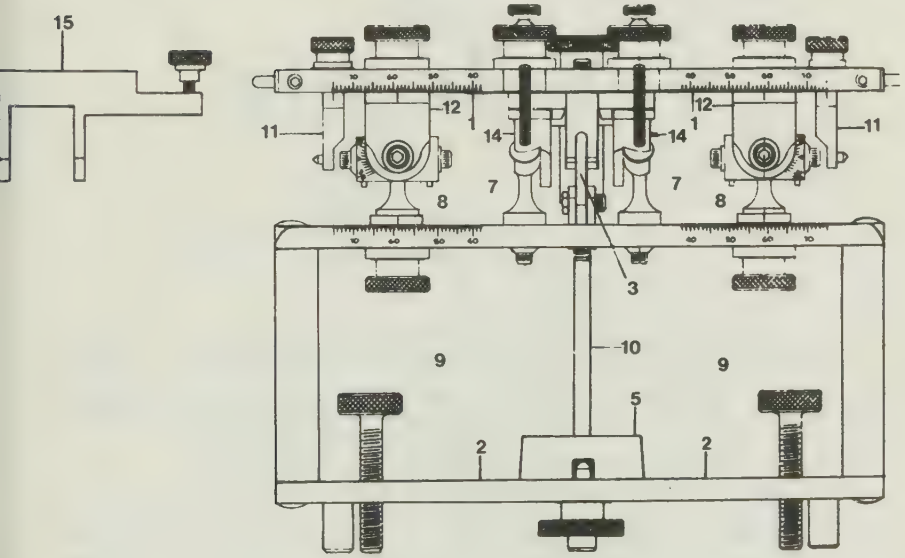


Abb. 33b: Rückenansicht des STUART-Artikulators

2. Artikulatorunterteil
3. Zentriervorrichtung
5. Inzisaltisch
7. side-shift-Führungskugel
8. Kondylarkugel
9. Adjustierschraube
10. Inzisalstift
11. Scharnierachsenindikator
12. Fossahalterung
14. Bennetteinsatz
15. set-up-jig

Der obere Arm des Artikulators trägt anterior den vertikalen Stützstift, der in eine Vertiefung des Inzisaltellers hineingreift (Abb. 33c). Der Stützstift kann radial zur Öffnungsachse des Artikulators höhenverstellt werden. Dies bedingt, daß der Inzisalstift bei einer Sperrung des Artikulators in seiner Vertiefung im Inzisalteller verbleibt. In der Mitte trägt der obere Arm des Artikulators eine Vorrichtung zur Fixierung der Montageplatte für das Oberkiefermodell. Posterior sind in einem Führungsschlitz auf jeder Seite drei Einsätze.

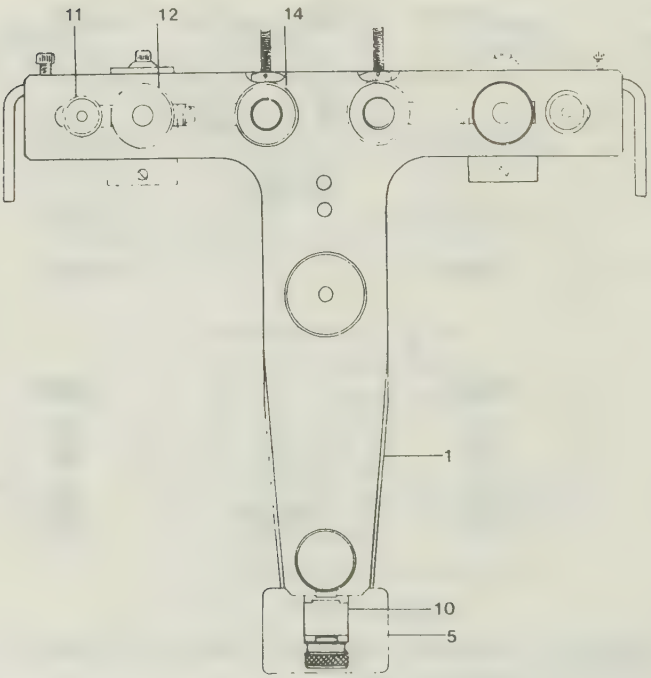


Abb. 33 c: Aufsicht vom STUART-Artikulator

1. Artikulatoroberteil
5. Inzisaltisch
10. Inzisalstift
11. Scharnierachsenindikator
12. Fossahalterung
14. Bennetteinsatz

Mit dem ersten Einsatz (Abb.34), dem Scharnierachenindikator, wird der Übertragungsbogen scharnierachsenbezüglich zum Artikulator eingestellt. Dieser Einsatz ist horizontal verstellbar, seine Einstellung an einer Kalibrierung abzulesen (vgl. Abb. 42).

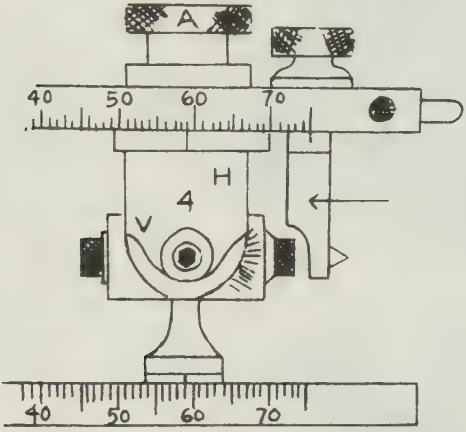


Abb. 34: Scharnierachsenreferenzen (rechts) und verstellbare Kondylen- und Fossahalterung(links).

Abb. 34, 35, 42, 51 - 60 aus: Huffmann, Regenos: Principles of Occlusion-Labratory and Clinical Teaching Manual
H & R Press 2115 Palonse Dr. N.W., RRG, London, Ohio 4 S 140, Revized 1973

Der zweite Einsatz (Abb. 34 und 34a) trägt die vertikal und horizontal drehbare Fossahalterung. In die Fossahalterung kann ein unterschiedlich stark gekrümmter Kunststoffeinsatz eingebracht werden, der für die Kondylenkugeln ein Kunststoffdach enthält, das entsprechend den Anforderungen der aufgezeichneten Bewegungsbahnen geändert werden kann. Der Kunststoffeinsatz kann ausgewechselt werden, ohne daß die Einstellung der Halterung geändert werden muß.

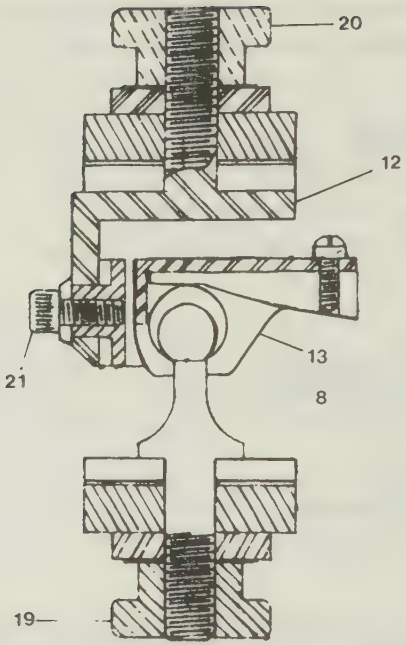


Abb. 34 a: Kondylenführungselement (Zweiter Einsatz)

8. Kondylarkugel
12. Fossahalterung
13. Kunststoffeinsatz
19. Fixierungsschraube der Kondylarkugelhalterung
20. Fixierungsschraube der Fossahalterung
21. Imbusschraube für vertikale Einstellung der Bewegungskomponente des Arbeitskondylus

Der dritte Einsatz (Abb. 35, 35a, 35b), der zur Einstellung des Bennettwinkels dient, ist nur um eine vertikale Achse drehbar, jedoch ebenfalls herausschraubbar, ohne daß die Winkeleinstellung der Halterung geändert wird.

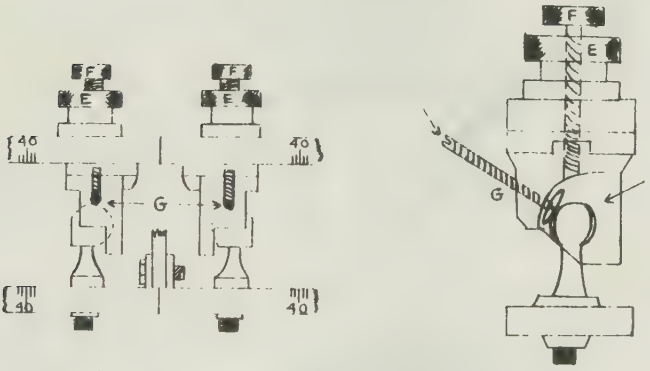


Abb. 35: Dritter Einsatz, der zur Einstellung des Bennettwinekls und der individuellen side-shift dient (links von dorsaler, rechts von lateraler Ansicht).
Mit Hilfe der Jackscrew (G) kann der Artikulator die jeweilige Lateralbewegung oder Protrusionsstellung durch Herausschrauben einnehmen. Der Winkel wird mittels der Schraube E eingestellt. Der dentale Einsatz kann ohne daß der Winkel verstellt wird mit der Schraube F herausgenommen werden (Zentriervorrichtung siehe Abb. 35a).

Der Führungsschlitz dient auch zur Aufnahme des set-up-jig, einer Vorrichtung, die es erlaubt, den Pantographen im Artikulator vorzujustieren, also die Zeit der Registrierung am Patienten reduziert (vgl. Abb. 33b).

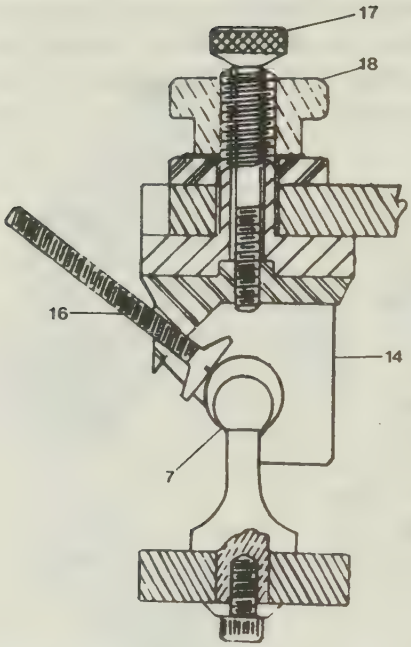


Abb. 35 a: side-shift-Führungselement (dritter Einsatz, vgl. Abb. 35, rechts).

7. side-shift-Führungskugel
14. Bennetteinsatz
16. Schraube des Bennetteinsatzes für Lateralbewegung
17. Fixierungsschraube des Bennetteinsatzes
18. Fixierungsschraube für Bennettwinkel

4.5. Vorgehen am Patienten

Das praktische Vorgehen am Patienten wird in folgende Arbeitsschritte aufgegliedert:

1. Alginatabdrücke des OK und UK und Modellherstellung
2. Terminale Scharnierachse und ihre Lokalisierung
3. Gesichtsbogenübertragung
4. Einstellen des Artikulators auf den Gesichtsbogen und Eingipsen des Oberkiefermodells
5. Lucia-Jig und Zentrikbißnahme
6. Eingipsen der Modelle in den Artikulator
7. Anlegen des Pantographen am Artikulator
8. Anlegen des Pantographen am Patienten und Aufzeichnen der Grenzbewegung
9. Einstellen des Pantographen auf den Artikulator und adjustieren des Artikulators.

4.5.1. Alginatabdrücke

Wenn mit den Referenzplatten am STUART-Artikulator gearbeitet wird, so benötigt man jeweils zwei Modelle von Ober- und Unterkiefer. Ein Modellpaar wird zum Einstellen des Pantographen am Artikulator benutzt, das andere für weitere Arbeiten z.B. zur Okklusionsanalyse.

Die Alginatabdrücke werden mit Rim-Lock-Löffeln und Alginat genommen. Untersichgehende Stellen - z.B. unter Brückenzwischengliedern - werden vor der Abdrucknahme im Munde des Patienten mit einem weichen Wachs unterlegt, damit das Alginat ohne zu zerreißen entfernt werden kann. Das Alginat wird entsprechend der Gebrauchsanweisung angerührt, dann werden die Zähne getrocknet und etwas Material wird in die Okklusionsflächen einmassiert. Dann wird der mit Alginat beschickte Löffel in den Mund des Patienten

eingebracht. Dazwischen darf das Alginat nicht mit Wasser geglättet werden oder mit Speichel in Berührung kommen, da sonst die Verbindung des Alginates mit dem Abdrucklöffel und des Alginates auf den Kauflächen nicht vollständig zustande kommt. Das Einmassieren von Alginat in die Kauflächen bewirkt, daß die Fissuren der Zähne genau abgeformt werden und sich dort keine Luftblasen bilden. Nach dem Aushärten wird der Abdruck mit einem kurzen kräftigen Ruck aus dem Mund des Patienten entfernt, wobei sich das Alginat nicht vom Löffel lösen darf. Dorsal überstehendes Alginat wird mit einem Skalpell entfernt, damit kein Alginat ohne Löffelunterstützung bleibt. Die Speichelreste werden mit Gipspulver gebunden und abgespült.

Die Abdrücke werden sofort mit vakuum-angerührtem Spezialhartgips ausgegossen. Für den Oberkiefer wird ein Splicastmodell[1)] angefertigt.

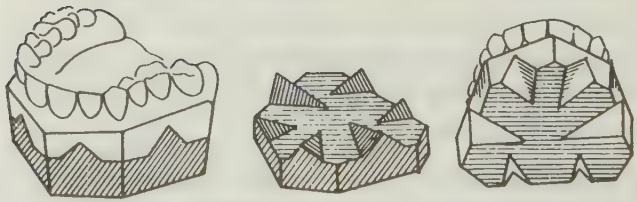


Abb. 36: Splitcastmodell vom Oberkiefer

---

1) Needles, J.W.:
- Mandibular Movements and Articulator Design. J. Amer.Dent.Ass. 10, 927 (1923)
- Mandibular Movements and Occlusion. J. Amer.Dent.Ass. 14, 786 (1927)

Die Splitcastmodelle dienen zur Kontrolle[1] der Zentrikbisse. Die ausgehärteten Gipsmodelle werden mit einer Lupenbrille auf Ungenauigkeiten in den Okklusalflächen kontrolliert. Kleine Gipsperlen werden mit einem scharfen Skalpell entfernt.

4.5.2. Terminale Scharnierachse und ihre Lokalisierung

Bei den in dieser Arbeit zu besprechenden Probandenfällen wurde die Scharnierachse mit dem Almore-Scharnierachsen-Lokalisator bestimmt. Er besteht aus folgenden Teilen: Löffel mit Stiel, Querarm und Seitenarm.

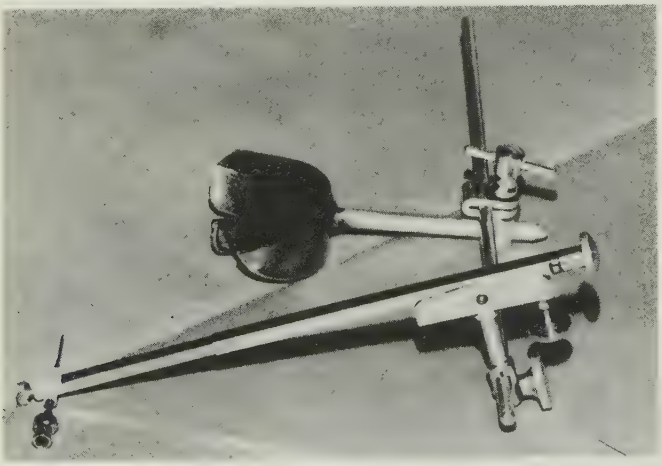


Abb. 37: Almore-Scharnierachsen-Lokalisator

1) siehe dazu auch: Lauritzen, A.G. u. Wolford, I.: Occlusal relationship: the split cast method for articulator techniques. J. prosth. Dent. 14, 256 (1964)
Eine ausführliche Arbeitsanleitung zu dieser Methode findet sich in: Gausch, K. u. Kulmer, S.: Erfahrungen mit der Gebißanalyse nach Lauritzen. Dtsch. zahnärztl. Z. 26, 151 (1971)
Posselt, U., Maunsbach, O. u. Olsson, A.: Die Kontrollsockelmethode. Aus: Schön-Singer: Prothetische Auslese. 3. Auflage Dr. A. Hüthig, Heidelberg, S. 86-116, 1973

Der Löffel. der nur das untere Frontzahngebiet umfaßt, besitzt einen angelöteten Löffelstiel. Der Löffel wird mit einem Knetsilikon gefüllt und so in den Mund des Patienten eingebracht, daß der Löffelstiel mit der Mittellinie übereinstimmt. Vor dem Abbinden des Silicons führt man den Unterkiefer des Patienten in die zentrische Relation und läßt den Patienten den Löffel unter leichtem Kontakt mit den Oberkieferzähnen halten. Die Überschüsse am dorsalen Löffelrand werden vor dem Abbinden mit einem scharfen Spatel entfernt. Diese Maßnahmen bewirken, daß sich bei dem Lokalisiervorgang Kontakte des Löffels mit dem Oberkiefer nicht störend auf die Registrierung auswirken können.

Der Querarm des Registrierbogens wird nach dem Abbinden des Knetsilicons parallel zur Bipupilarlinie und parallel zur arbiträren Scharnierachse angebracht, wobei der Querarm unterhalb des Löffelstiels zu liegen kommt.

Der Seitenarm des Lokalisators ist mit einer Rändelschraube über ein inneres viereckiges Röhrchen längenverstellbar. Sie befindet sich am anterioren Ende des Seitenarmes. Über eine Wiege, deren Verstellschraube nach unten zeigt, ist der Seitenarm vertikal verstellbar. Am posterioren Ende des Seitenarmes befindet sich eine fixierbare Nadelspitze, die über eine Führungsbuchse herausgezogen werden kann. Der Seitenarm muß vor Gebrauch in seine Grundstellung gebracht werden, indem die erste Querlinie oben auf dem inneren viereckigen Röhrchen 10 mm vorsteht.
Weiterhin muß die Wiege so eingestellt werden, daß ihr Boden parallel zum Seitenarm ist. Diese beiden Maßnahmen ermöglichen eine maximale Einstellbarkeit sowohl nach vorne und hinten wie auch vertikal.

Abb. 38: Griff und Patientenposition beim Markieren des Scharnierachspunktes

Am Patienten wird nun in der Gegend des arbiträren Scharnierachspunktes ein 1 cm^2 großes Millimeterpapierstückchen mit doppelseitig klebendem Tesafilm angebracht. Der Seitenarm des Lokalisators wird an der zu lokalisierenden Seite so angebracht, daß die Nadelspitze in der Mitte des Millimeterpapiers zu liegen kommt. Sind größere Korrekturen erforderlich, werden sie mit der Fixierklemme am Löffelstiel durchgeführt.

Der Patient wird während des Lokalisiervorganges so im Patientenstuhl gelagert, daß die Haut unter seinem Kinn gespannt ist. Dies bedingt, daß die Retraktoren aktiv sind und der Kondylus sich in einer dorsalen Lage befindet. Bei Öffnung- und Schließbewegungen des UK werden die Bewegungen der

Nadelspitze unter einer Lupenbrille beobachtet und so eingestellt, daß keine Bewegung der Nadelspitze mehr sichtbar ist (Abb. 39).

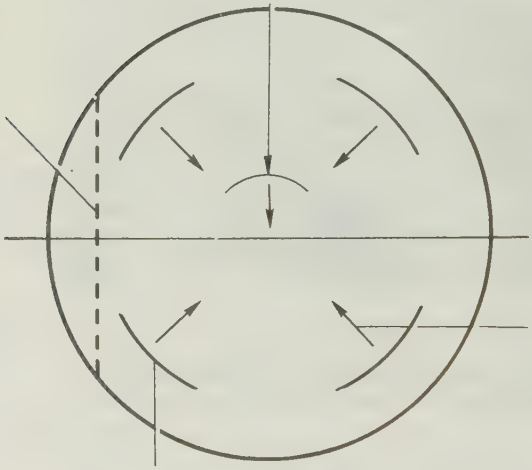


Abb. 39: Richtung in die die Nadelspitze verändert werden muß. Beschreibt die Nadelspitze einen Bogen wie z.B. oben links in der Abb. steht sie zu weit dorsal und cranial und muß in die entgegengesetzte Richtung verstellt werden.

aus: Kornfeld, B.: Mouth Rehabilitation S. 836

Ist die Scharnierachse bestimmt, wird das Millimeterpapier entfernt, die Stelle mit Alkohol desinfiziert, etwas Farbe an die Nadelspitze gebracht und der Patient aufrecht in den Stuhl gesetzt, wobei die Helferin die Okzipitalprotuberanz mit allen Fingern der rechten Hand unterstützt (Abb. 38 u.40). Der Unterkiefer des Patienten wird vom Behandler in die terminale Scharnierachsenrelation gebracht und die Nadelspitze mit der anderen Hand an die Haut des Patienten gedrückt und etwas Farbe zur Markierung des Scharnierachsenpunktes abgegeben.

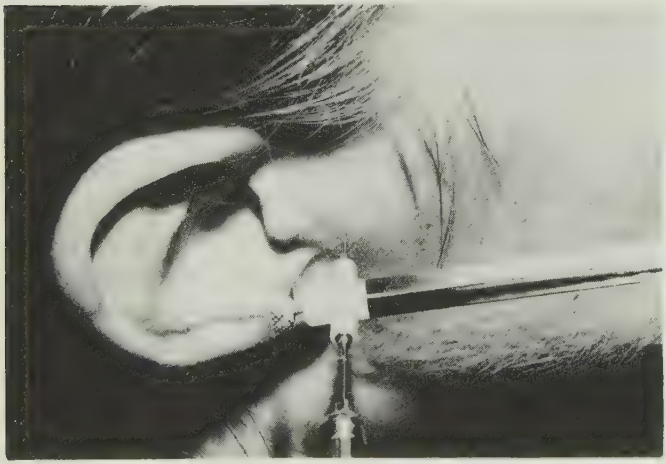


Abb. 40: Markierter Scharnierachsenpunkt

Dieser Vorgang wird zur Kontrolle wiederholt. Ergibt sich Übereinstimmung, so kann die endgültige Tätowierung der Scharnierachspunkte vorgenommen werden. Dabei wird mit einer sterilen Kanüle etwas aufgelöste Tätowierfarbe aufgenommen, die Hautstelle mit Daumen und Zeigefinger der einen Hand gespannt und mit der anderen subkutan tätowiert. Dieser Vorgang wird wiederholt, damit der Punkt nicht zu schnell verblasst. Auf der anderen Seite wird entsprechend vorgegangen.

Die Lokalisierung der Scharnierachse ist reproduzierbar.[1)] Die Genauigkeit hängt u.a. vom Verfahren ab, das benutzt wird, um den Unterkiefer zu führen und vor protrudierenden Muskelkräften zu schützen.

Bei dem hier angewandten Verfahren wird die Kinnspitze des Patienten mit der Daumenspitze und dem zweiten Glied des Zeigefingers vom Behandler geführt, ohne Druck nach dorsal auszuüben.

Wenn man ein Modell schädelbezüglich einartikulieren will, benötigt man einen dritten Punkt, der aus praktischen Gründen eine Projektion des tiefsten Punktes der rechten knöchernen Orbita auf die unbeweglichere Haut des Nasenrückens ist. Dieser Punkt wird ebenfalls tätowiert. Um die Projektion zu vereinheitlichen, wurde ein Punkt auf dem Nasenrücken gewählt, der 52 mm von der Schneidekante des mittleren oberen Schneidezahnes entfernt ist.

---

1) Posselt, U.: Terminal hinge movement of the mandible. J. prosth.Dent. 7, 787 (1957)
Dazu besonders: Lauritzen, A.G. u. Bodner, G.H.:
- Variations in location of arbitrary and true hinge axis points. J. prosth.Dent. 11, 121 (1961)
Lauritzen, A.G. u. Wolford, L.W.:
- Hinge Axis Location on an Experimental Basis, in: J. prost.Dent. 11, 1059 (1961)
Ferner: Seiler, F. u. Hupfauf, L.: Untersuchungen über die Reproduzierbarkeit der terminalen Scharnierachspunkte, in: Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 775-780 (1973)

4.5.3. Gesichtsbogenübertragung

Ebenfalls bei aufrechter Körperhaltung des Patienten wird der oben beschriebene Übertragungsbogen angelegt. Dazu wird die Bißgabel entsprechend der Okklusionsebene gebogen. Sie wird mit moyco beautypink baseplate wax, das im Wasserbad bei 52°C erweicht worden ist, beschickt. Die Bißgabel wird an die oberen Zähne leicht angedrückt. Die Impressionen, die entstehen, stellen nur die Höckerspitzen dar. Die Bißgabel wird vom Patienten mit den Unterkieferzähnen festgehalten. Der Stiel der Bißgabel muß dabei wieder entsprechend der Mittellinie aus dem Mund des Patienten herausschauen. Wenn die Impressionen zu stark sind, können sie mit einem scharfen Messer beschnitten werden. Die Wachsschicht muß dann jedoch erneut erwärmt und der Vorgang wiederholt werden. Ebenfalls muß darauf geachtet werden, daß kein Weichgewebe das Wachs der Bißgabel berührt. Wenn dem so ist, muß das Wachs weggeschnitten werden. Die Impressionen in dem Wachs werden kontrolliert, indem beide Modelle des Oberkiefers auf ihren schaukelfreien Sitz hin überprüft werden. Wenn dies der Fall ist, sind Modelle und Bißgabel weiterhin brauchbar.[1)]

Am Stiel der Bißgabel wird nun der Querarm des Übertragungsbogens parallel zur Scharnierachse angebracht. Es wird zur Fixierung die anteriore Klemmschraube benutzt und zwar so, daß der Querarm oberhalb des Löffelstiels liegt. Dann werden die vertikalen Stellschrauben der Seitenarme so eingestellt, daß eine leichte Öffnung zwischen dem oberen und unteren Teil der adjustierbaren Klemme besteht. Dann

---

1) Arbeitsanleitung für die Lauritzen Technik siehe S. 7 ff. 2. Auflage 1972.
Druckerei: Carstens und Hornovec, 2 Hamburg 1, Heidenskampweg 76 b

werden die Achsnadeln entfernt und die Seitenarme am Querbalken so angebracht, daß die Nadelhalterungen über den tätowierten Scharnierachsenpunkten zu liegen kommen und etwa 2,5 cm von der Haut entfernt sind. Die frontalen Imbusschrauben werden angezogen und damit die Seitenarme am Querarm befestigt. Die Achsnadeln werden eingesetzt und bei aufrechtem Patienten die vertikalen und horizontalen Stellschrauben so eingestellt, daß die Achsnadelnspitzen mit den Scharnierachspunkten übereinstimmen. Die Kontrolle erfolgt mit der Lupenbrille. Dann werden die Achsnadeln fixiert und die Vorrichtung in der eingestellten Position mit der oberen und lateralen Imbusschraube verschraubt.

Rechts von der Löffelstielhalterung wird der Orbitalbogenhalter so angebracht, daß das Loch der Halterung über Bißgabelstiel und Nase liegt. Dann wird der Orbitalbogen in das Loch einerseits und auf die Achsnadeln andererseits gelegt. Der Orbitalpunktanzeiger soll dabei auf den tätowierten anterioren Referenzpunkt zeigen. Die ganze Vorrichtung kann nun - nachdem die richtige Einstellung der drei Punkte nochmals überprüft worden ist - als Einheit aus dem Mund des Patienten entfernt werden und mit der zweiten Klemmschraube der Bißgabel auf dem Montiertisch befestigt werden (Abb. 41).

Nun werden die so gewonnenen Relationen des Patienten auf den Artikulator übertragen.

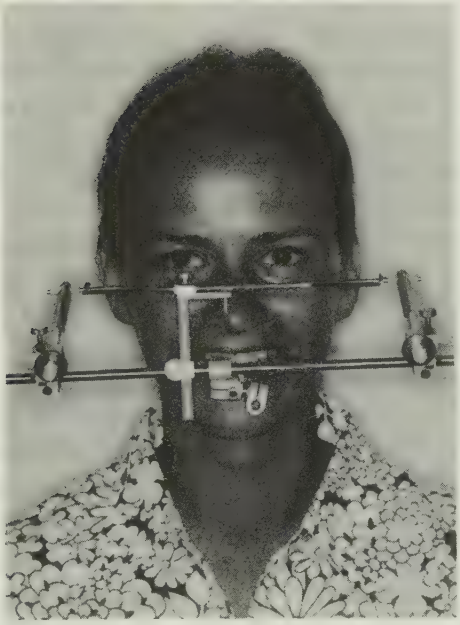


Abb. 41: Angelegter Übertragungsbogen

4.5.4. Einstellen des Artikulators auf den Gesichtsbogen und Eingipsen des Oberkiefermodells

Nun wird der Artikulator zur Aufnahme der Gipsmodelle vorbereitet.[1)] Dazu werden Montierplatten an die horizontalen Arme von Artikulatorober- und -unterteil fest angeschraubt. Der Inzisalstift wird durch den Orbitalabstandshalter ersetzt und die Fossaehalterungen und Kondylenkugeln auf 40 mm auf beiden Seiten des Artikulators eingestellt. Dann werden die Scharnierachsenreferenzen in den Führungsschlitz des Artikulatoroberteils eingeschraubt. Die Justierschrauben des Artikulatorunterteils sind so weit hereingeschraubt, daß der Artikulator auf seinen eigenen drei Beinen steht. Ein Gummiband, das um die Kondylen- und Fossaehalterungen gespannt wird, unterstützt die Wirkung der Zentriervorrichtung.

Am Montiertisch ist die Artikulatorfixierklemme entfernt worden und der Artikulator wird von dorsal in den Gesichtsbogen eingeführt. Dabei ruht der Orbitalabstandshalter auf dem Orbitalbogen des Gesichtsbogen. Die Schraubklemme, die den Gesichtsbogen mit dem Montiertisch verbindet, wird gelöst und der Gesichtsbogen so eingestellt, daß die Nadelspitzen des Gesichtsbogen gerade etwas oberhalb der Scharnierachsenreferenzen des Artikulators zu liegen kommen. Der Gesichtsbogen wird wieder fest mit dem Montiertisch verschraubt. Die Scharnierachsenreferenzen des Artikulators werden auf beiden Seiten um den gleichen Millimeterbetrag so dicht wie möglich an die Nadelspitzen des Gesichtsbogen herangebracht und dort verschraubt. Die Justierschrauben des Artikulatorunter-

---

1) Huffman, Regenos: Prinicples of Occlusion - Laboratory and Clinical Teaching Manual. H&R Press 2115 Palouse Dr. N.W., RR 6, London, Ohio 43140, Revised 1973

teils werden so eingestellt, daß eine vollkommene Übereinstimmung der Spitzen des Gesichtsbogen und der Spitzen der Scharnierachsenreferenzen zustande kommt.

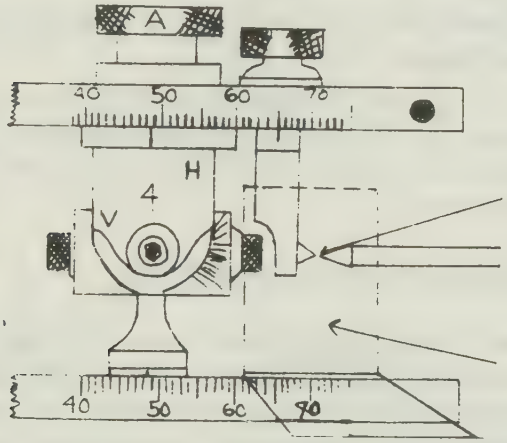


Abb. 42: Die Nadelspitzen des Übertragungsbogens sind auf die Spitzen der Scharnierachsenreferenzen des Artikulators eingestellt.

Dies wird visuell mit der Lupenbrille sowohl von anterior als auch von oben durch den Führungsschlitz des Artikulatoroberteils kontrolliert. Die Einstellung wird mit der Artikulatorfixierklemme gesichert (Abb. 42).

Die Bißgabel wird nun mit einem Parallelbarren unterstützt und das Gipsmodell des Oberkiefers in die Impressionen der Bißgabel eingesetzt. Die Basis des Splicastes wird angefeuchtet und Abdruckgips zwischen Modellträger und Gipsmodell gebracht. Auf diese Weise ist das Oberkiefermodell scharnierachsen- und schädelbezüglich mit dem Oberarm des Artikulators verbunden.

Der Artikulator wird vom Montiertisch entfernt und die Scharnierachsenreferenzen aus dem Führungsschlitz

herausgeschraubt. Die Fossaehalterungen und die Kondylenkugeln werden arbiträr auf 11 mm weniger eingestellt als die Scharnierachsenreferenzen angezeigt haben.

Eine genaue Einstellung geschieht zu einem späteren Zeitpunkt über die doppelte Aufzeichnung des gotischen Bogens.

Da Ober- und Unterkiefergipsmodell ohne Zahnkontakt einartikuliert werden sollen, benötigt man einen Zentrikbiß, mit dessen Hilfe das Unterkiefermodell eingegipst wird.

4.5.5. Lucia-Jig und Zentrikbißnahme

Die Mandibula muß zur Maxilla so in Relation gebracht werden, daß kein anderer Drehpunkt als der im Gelenk zum Tragen kommt. Das bedeutet, daß die zentrische Bißnahme ohne Zahnkontakt vorgenommen werden muß, wobei die Mandibula um die terminale Scharnierachse geschlossen wird.

LUCIA[1)] beschreibt ein Verfahren, das es gewährleistet, identische Zentrikbisse zu erhalten.

Ein Oberkiefergipsmodell wird im Frontzahnbereich mit 0,5 mm starker Zinnfolie unterlegt. Dann wird mit selbsthärtendem Kunststoff (z.B. Palavit L) eine anteriore Bißplatte hergestellt, die jeweils bis zur Mitte der seitlichen Schneidezähne reicht, labial die Zahnflächen umfaßt und palatinal etwa 2 cm den Gaumen bedeckt. Die Oberfläche der palatinalen Seite

---

1) Lucia, V.:
- Centric Realtion - Theory and Practice. J.Proth. Dent. 10, 849 (1960)
- A Technique for Recording Centric Relation. J.Prosth.Dent. 14, 492 (1964)
- Modern Gnathological Concepts, C.V. Mosby Co. St. Louis 1961

ist sowohl in anterio-posteriorer Richtung, wie auch in mesio-distraler Richtung konvex zu gestalten.

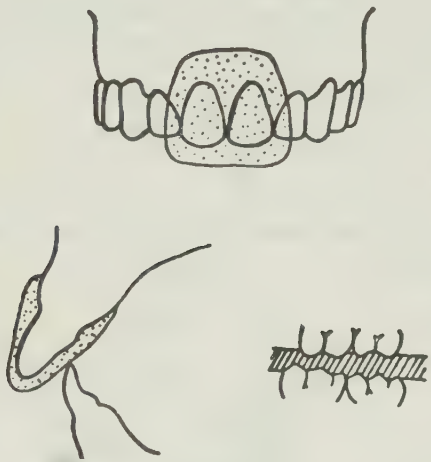


Abb. 43: Ein Frontzahnreiter aus Kunststoff schaltet bei der Registrierung der zentrischen Relation konditionierte Reflexe aus. ("Jig-technic" nach LUCIA)

Der Kunststoffblock wird kurz vor dem endgültigen Erhärten vom Modell abgenommen, ohne dieses zu beschädigen (Abb. 43).

Mit Silasoft wird der Jig im Mund des Patienten eingesetzt. Der Jig wird so eingeschliffen, daß in der terminalen Scharnierachsenrelation gerade eine

Disklusion von ca. 1 - 3 mm der Seitenzähne besteht und der Kontakt zu den unteren Schneidezähnen auf den beiden mittleren liegt. Dann wird an Hand des Oberkiefermodells eine Wachsplatte so zurecht geschnitten, daß anterior eine V-förmige Auskerbung den benötigten Platz für den Jig läßt. Die Ränder der Wachsplatte aus moyco beauty-pink-Wachs werden gemäß dem Zahnbogen beschnitten.

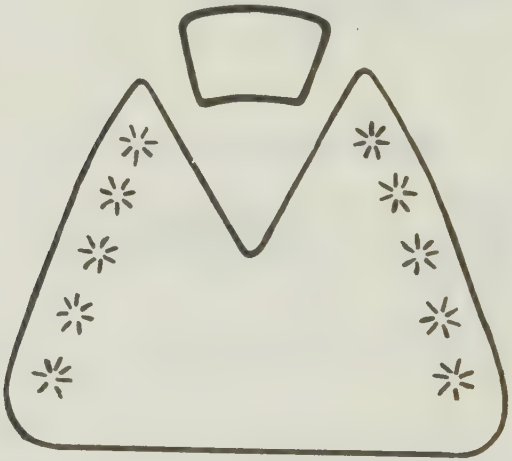


Abb. 44: Zentrikbiß

Die so vorbereitete Wachsplatte wird in ein Wasserbad von 52°C gegeben. Die erweichte Wachsplatte wird an den Oberkiefer des Patienten gedrückt und der Unterkiefer des Patienten vom Behandler mit Daumen und Zeigefinger in die terminale Scharnierachsenrelation geführt. Die Impressionen in der Wachsplatte werden kontrolliert, mit Tempbond gefüllt und der Vorgang wiederholt. Nach dem Aushärten des Zinkoxyds wird das Registrat aus dem Munde des Patienten entfernt und die Impressionen werden mit einem scharfen Skalpell beschnitten. An Hand der Modelle wird geprüft, ob der Zentrikbiß

ohne zu Schaukeln auf die Modelle reponiert werden kann und ob die Modelle mit dem Zentrikbiß eindeutig gegeneinander fixierbar sind (Abb. 44).

Der Lucia-Jig bewirkt, daß störende Kontakte zwischen Ober- und Unterkieferzähnen vermieden werden. Weiterhin bewirkt er, daß das erlernte evtl. falsche Reflexmuster der Muskulatur gestört wird und eine Position der Mandibula zum Oberkiefer zustande kommen kann, die nicht durch etwaige Frühkontakte beeinflußt ist (Abb. 45). Der Lucia-Jig wirkt genauso wie ein Frontplateau[1], das zur Relaxierung verkrampfter Muskulatur verwandt wird.

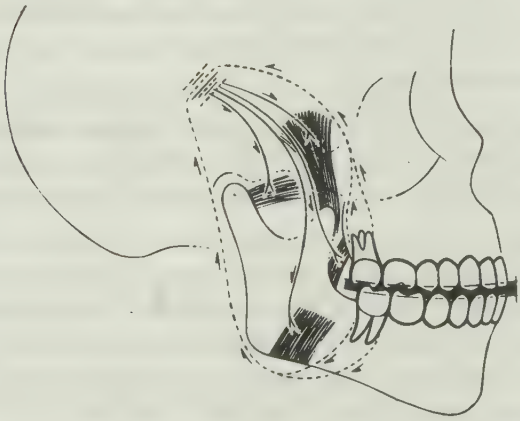


Abb. 45: Ein Frühkontakt bewirkt über einen neuromuskulären Reflexmechanismus eine Kontraktion der Muskulatur.
aus: Lucia, V.: Modern Gnathological Concepts. C.V. Mosby St. Louis 1961

Man kann sich die Wirkung des Jig auch wie die eines nach frontal verlagerten Stützstiftes vorstellen. Die Muskulatur wird umprogrammiert und eine

---

1) Posselt, U.: Physiology, S. 244 - 245
(Frontplateau = modifizierte Hawley-Platte)

störungsfreie Schließbewegung ist möglich. Diese Methode gewährleistet, daß eine größtmögliche Übereinstimmung der Registrate erreicht wird.

Auf diese Weise werden drei Zentrikbisse genommen. Einer dient zum Einartikulieren des Unterkiefers, die beiden anderen zur Kontrolle.

4.5.6. Eingipsen des Unterkiefermodells und der beiden anderen Modelle mit dem Zentrikbiß

Dazu wird der Artikulator mit seinem Oberteil nach unten auf den Tisch gestellt und der Zentrikbiß auf die Kauflächen des Oberkiefers gelegt. In die Impressionen wird das an der Unterseite angefeuchtete Unterkiefermodell eingesetzt und auf eindeutige Lagefixierung kontrolliert.

Mit einer Hand werden die Modelle gegeneinander gehalten und mit der anderen wird Abdruckgips zwischen Montierplatte und Unterkiefermodell gebracht.

Nach dem Aushärten des Gipses wird mit Hilfe des Splitcastes geprüft, ob die zwei anderen Zentrikbisse ebenfalls stimmen. Wenn Übereinstimmung festgestellt wird, werden mit dem ersten Zentrikbiß das andere Oberkiefer- und Unterkiefermodell einartikuliert, indem immer ein Modell einartikuliert bleibt.

Man gewinnt mit dieser Maßnahme zwei Modellpaare, die scharnierachsen- und schädelbezüglich in den Artikulator einmontiert sind. Ein Modellpaar wird zur Vorbereitung des Pantographen im Artikulator und zur Einstellung benutzt, das andere dient zur weiteren Analyse, z.B. der Okklusion.

4.5.7. Anlegen des Pantographen am Artikulator

Ein einartikuliertes Modellpaar wird benutzt, um mit Hilfe der Referenzplatten und des setup-jig Ober- und Unterteil des Pantographen am Artikulator einzustellen.[1)]

Als erstes wird die Oberkieferreferenzplatte angepaßt (Abb. 46a).

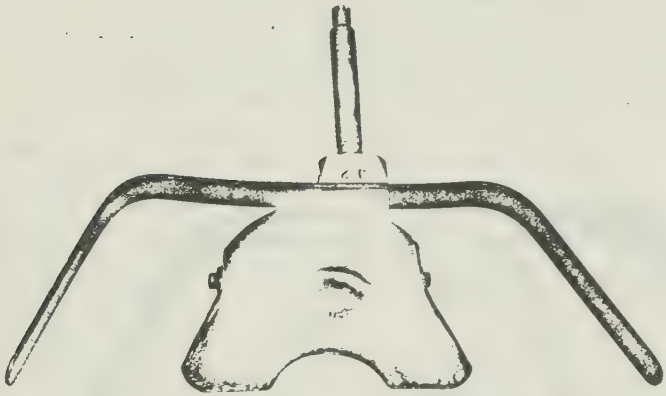


Abb. 46 a: Oberkiefer Referenzplatte

Sie wird mit Hilfe der beiden Imbusschrauben des Löffels so eingestellt, daß der Löffelstiel parallel zum horizontalen Oberarm des Artikulators ist. Dann wird das Oberkiefermodell angefeuchtet und die Refe-

---

1) Stuart, Charles D.: Instructions for Use of Gnathological Instruments, S. 30 ff.
Instructions for Use of Stuart Gnathological Computer-Model 73

renzplatte mit Stents beschickt, nachdem die anterioren untersichgehenden Stellen des Löffels mit Wachs ausgeblockt wurden. Der Löffel wird mit der erweichten Stentsmasse so auf das Oberkiefermodell gebracht, daß der separierbare Löffelstiel parallel zum Artikulatoroberarm ist, senkrecht zur Scharnierachse steht und linkslateral vom Inzisalstift zu liegen kommt.

Der gleiche Vorgang wird für die untere Referenzplatte wiederholt (Abb. 46b).

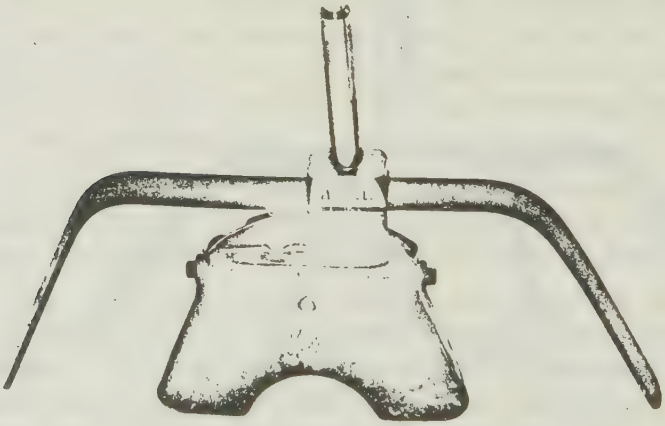


Abb. 46 b: Unterkiefer Referenzplatte

Dabei muß darauf geachtet werden, daß die zentrale Stützstiftschraube in der tiefsten Konkavität der oberen Referenzplatte zu liegen kommt. Die Stützstiftschraube muß den einzigen Kontakt zwischen oberer und unterer Referenzplatte darstellen. Der

kleinste Abstand bei dem dies - auch bei exzentrischen Bewegungen - möglich ist, ist erwünscht. Der separierbare Löffelstiel soll rechtslateral vom Inzisalstift zu liegen kommen.

Die Referenzplatten werden nun mit Gummibändern über die Justierhilfen der Referenzplatten fest mit dem jeweiligen Artikulatorober- oder -unterteil verbunden. Nun werden links und rechts in den Führungsschlitz des Artikulatoroberteils die set-up-jigs eingeschraubt. Mit deren Hilfe ist es möglich, am Artikulator den Pantographen einzustellen und dann die eingestellten Pantographenteile auf den Patienten zu übertragen. Dadurch wird der Arbeitsgang am Patienten verkürzt und erleichtert.

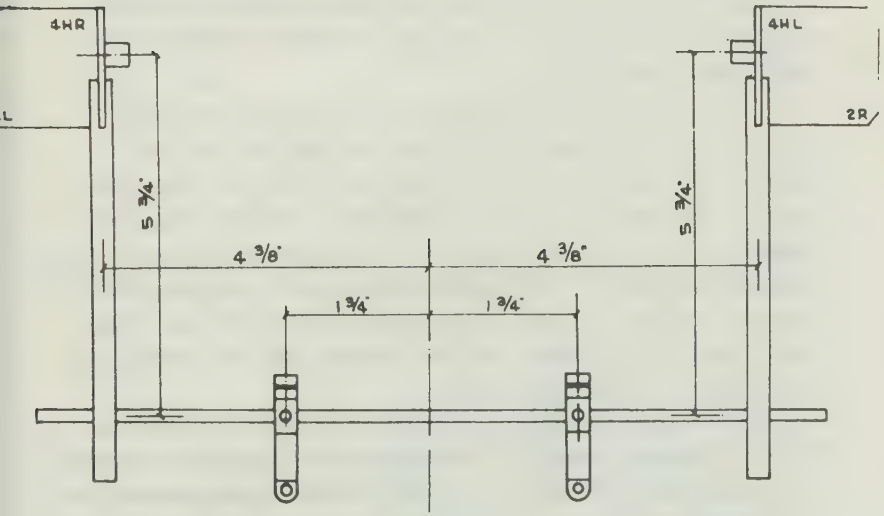


Abb. 47: Abstände der verschiedenen Registrierbehelfe des Pantographenoberteils

Abb. 47-49: Originalzeichnungen zum Stuart-Artikulator. Aus: Stuart, Ch.: Instructions for Use of Gnathological Instruments. Ventura 1973

Das obere Teil des Pantographen wird wie folgt vorbereitet: die hinteren vertikalen Schreibplatten müssen insgesamt einen Abstand von 8 3/4 in. = 222 mm zwischen ihren Innenseiten aufweisen. Um diesen Abstand an beiden Seiten gleichmäßig zu erhalten, wird der Mittelpunkt des frontalen Querarms in einem Abstand von 4 3/8 in. = 111 mm zum Zentrum des Seitenarms eingestellt. Dabei müssen die Seitenarme parallel gehalten werden. Zu dieser Zeit werden auch die frontalen vertikalen Schreibstifte in einem Abstand von 1 3/4 in. = 44 mm vom Mittelpunkt des frontalen Querarms entfernt in einem Winkel von ca. 60° zu den Seitenarmen eingestellt. Die hinteren Schreibplatten werden immer in einem Winkel von 45° zu den Seitenarmen benutzt.

Die Seitenarme werden dann in einem Abstand von 5 3/4 in. = 146 mm zwischen den Zentren der Scharnierachsenreferenzhalterung der Innenseite der vertikalen hinteren Schreibplatte und dem Zentrum des frontalen Querarms eingestellt (Abb. 47).

Die sechs Imbusschrauben der Halterung zwischen Löffelstiel und Querarm werden gelöst, so daß die Klemmschraube ein Universalgelenk wird. Sie wird nun so auf die Löffelhalterung gebracht, daß der Querarm oberhalb des Löffelstiels liegt und die Scharnierachshalterung der vertikalen hinteren Schreibplatte in der inneren runden Halterung des set-up-jig liegt. Dann werden die sechs Imbusschrauben der Halterung in folgender Reihenfolge fixiert:

1. die beiden Schrauben unterhalb des Löffelstiels,
2. die beiden Schrauben oberhalb des Löffelstiels und
3. die beiden frontalen Imbusschrauben, mit denen die Halterung am Querarm verbunden wird.

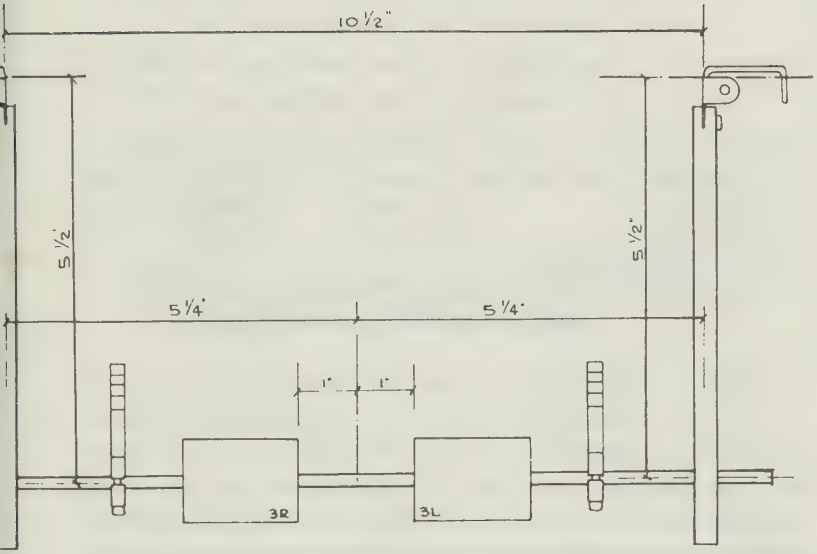


Abb. 48: Abstände der verschiedenen Registrierbehelfe des Pantographenunterteils

Der untere Teil des Pantographen wird wie folgt vorbereitet: die Seitenarme werden so eingestellt, daß die vertikalen hinteren Führungen der Schreibstifte einen Gesamtabstand von 10 1/2 in. = 267 mm haben. Um diesen Abstand an beiden Seiten gleichmäßig zu erhalten, wird der Mittelpunkt des frontalen Querarms in einem Abstand von 5 1/4 in. = 133,5 mm vom Zentrum

der unteren Seitenarme eingestellt. Dabei müssen sie parallel gehalten werden.

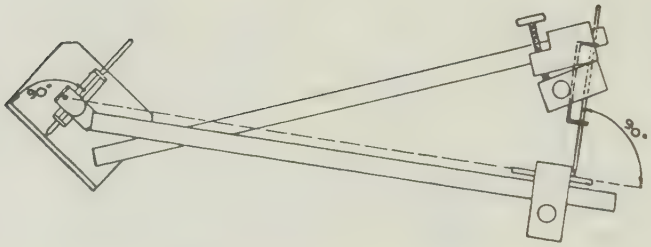


Abb. 49: Lage der Schreibstifte zu den Schreibplatten.

Nun werden auch die unteren frontalen Schreibplatten in einem Abstand von je 1 in. = 25 mm vom Mittelpunkt des frontalen Querarms bis zur Innenkante der Schreibplatte eingestellt. Die Verlängerung der Plattenoberfläche muß durch die horizontalen Schreibstifte an den Enden der Seitenarme gehen. Nun wird die Länge der Seitenarme eingestellt, so daß ein Abstand von 5 1/2 in. = 145 mm von den horizontalen Schreibstiften bis zum Zentrum des frontalen Querarms besteht (Abb. 48).

Die sechs Imbusschrauben der Halterung zwischen Löffelstiel und Querarm werden gelöst, so daß die Klemmschraube ein Universalgelenk wird. Sie wird so auf die Löffelhalterung gebracht, daß der Querarm unterhalb des Löffelstiels liegt und die horizontalen Schreibstifte in der äußeren Halterung des set-up-jig

ruhen (Abb. 49). Nun werden in folgender Reihenfolge die sechs Imbusschrauben angezogen:

1. die zwei oberhalb des Löffelstiels,
2. die beiden unterhalb des Löffelstiels und
3. die beiden frontalen Imbusschrauben, mit denen die Halterung am Querarm verbunden wird.

Links und rechts werden nun die set-up-jigs entfernt und die Vorrichtung kann auf den Patienten übertragen werden.

4.5.8. Anlegen des Pantographen am Patienten und Aufzeichnen der Grenzbewegung

Der so vorbereitete Pantograph wird nun durch die innere Löffelschraube von den Referenzplatten getrennt. Es wird geprüft, ob die Referenzplatten im Mund des Patienten ohne zu schaukeln eingebracht werden können. Wenn dies der Fall ist, wird Abdruckgips dünn angerührt und in die Impressionen von Ober- und Unterkieferreferenzplatten gegeben. Die mit Abdruckgips beschickten Löffel werden im Ober- und Unterkiefer eingesetzt. Dabei beißt der Patient im Seitenzahngebiet auf Watterollen (Abb. 62). Wenn der Abdruckgips abgebunden hat, wird zuerst das Oberteil des Pantographen mit der Innenschraube des Löffelstiels befestigt. Dann wird das Unterteil des Pantographen angeschraubt (Abb. 63).

Das Aufzeichnen der Grenzbewegungen beginnt damit, daß zunächst die Bewegungen geübt werden, ohne aufzuzeichnen. Der Patient schiebt zuerst den Unterkiefer vor und zurück. Dabei führt der Behandler die Unterkieferbewegung, indem er den Daumen der rechten Hand an die Kinnspitze bringt und mit Zeige- und Mittelfinger die beiden horizontalen Mandibulaäste faßt. Wenn sich der Patient in zentrischer Relation befindet, wird aus dieser Position heraus unter

Führung des Behandlers eine rechtslaterale Bewegung ausgeführt. Die Bewegungen müssen nicht in vollem Umfang erfolgen, müssen jedoch mindestens 1 cm betragen. Am Ende der Bewegung muß der Patient eine zeitlang anhalten, um für die Entfernung der Schreibstifte genügend Zeit zu lassen. Die Grenzbewegungen werden aus der Zentrik heraus aufgezeichnet, da bei der umgekehrten Bewegung leicht eine protrahierende Komponente der Muskulatur hinzutritt. Diese Bewegung wird einmal wiederholt. Mit der linkslateralen Bewegung wird genauso verfahren. Es wird aus der Zentrik heraus aufgezeichnet, die Bewegung wird am Ende gehalten, die Ausgangsstellung wieder eingenommen und die Bewegung wiederholt. Die Ausgangsstellung - also die zentrische Relation - gewinnt man dann wieder ganz genau, wenn man den Patienten auffordert, den Unterkiefer vor und zurück zu schieben.

Die Protrusionsbewegung wird, da es sich hierbei ja nicht um eine Grenzbewegung handelt, nur einmal ausgeführt. Wenn der Patient Schwierigkeiten hat, diese vom Behandler nicht geführte Bewegung, selbständig aufzuzeichnen, so kann man diese Bewegung ausnahmsweise nicht in der Zentrik beginnen lassen, sondern kann aus der Protrusionsstellung heraus bis in die zentrische Position aufzeichnen.

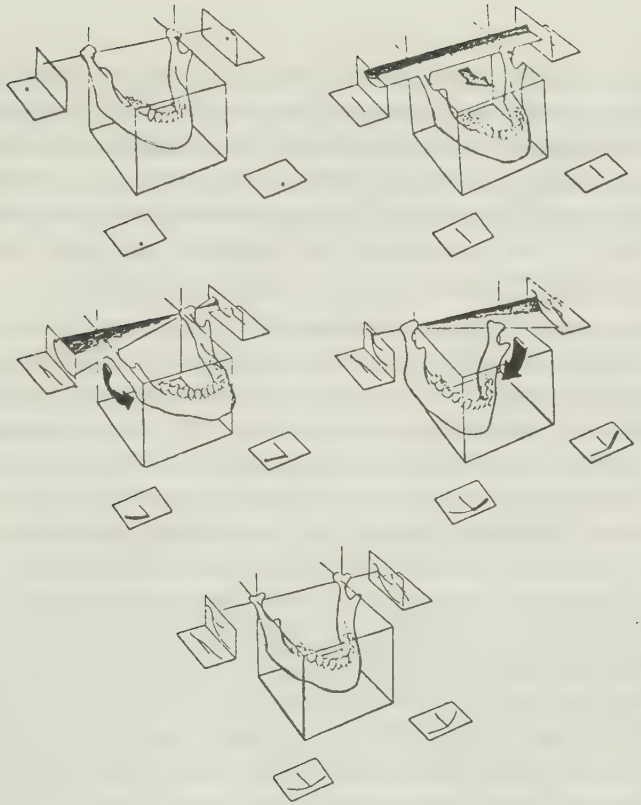


Abb. 50: Dreidimensionale Aufzeichnung der Unterkiefergrenzbewegung.
a) Zentrischer Punkt
b) Protrusionsbewegung
c) Linkslaterale Bewegung
d) Rechtslaterale Bewegung
e) Gesamte pantographische Aufzeichnung
Aus: Kornfeld, M.: Mouth Rehabilitation Vol II S.859

Wenn der Patient in der Lage ist, die Bewegungen auszuführen, werden die Schreibplatten mit einer Mischung als Kalk und Alkohol mit einem Pinsel eingestrichen. Die Kalkschicht darf nicht zu dick sein und soll gleichmäßig in einem Zuge aufgetragen werden. Mit einem Luftbläser werden die Schreibplatten getrocknet. Dabei wird das Ohr des Patienten mit einer

Hand geschützt. Der Patient wird in die zentrische Relation geführt, indem er den Unterkiefer vor und zurück schiebt. In dieser Position werden die zentrischen Punkte auf den anterioren horizontalen Schreibplatten markiert. Diese Punkte dienen als Kontrolle, ob der Patient zu Beginn der Aufzeichnung auch die zentrische Position eingenommen hat (Abb. 50).

In dieser Position werden alle Schreibstifte in Plattenkontakt gebracht. Dann bewegt der Patient den Unterkiefer unter Führung nach rechts, hält die Bewegung und der Behandler entfernt mit Unterstützung der Helferin möglichst gleichzeitig die Schreibstifte. Der Patient nimmt wieder die Ausgangsstellung ein, indem er den Unterkiefer vor und zurück schiebt. Nach Kontrolle der zentrischen Punkte werden die Schreibstifte wieder in Kontakt gebracht und die rechtslaterale Bewegung wird wiederholt. Dabei müssen die Schreibstifte den gleichen Weg gehen wie bei der ersten Aufzeichnung. Wenn dies nicht der Fall ist, muß ganz von neuem begonnen werden. Wenn die Schreibstifte bei der Kontrollbewegung wieder den gleichen Weg aufzeichnen, handelt es sich um die Aufzeichnung einer Grenzbewegung.(vgl. Abb. 64 - 84).

In gleicher Weise wird die linkslaterale Bewegung aufgezeichnet und kontrolliert. Dann wird aus der Zentrik oder aus der Protrusionsstellung die Protrusionsbewegung aufgezeichnet. Da es sich hierbei nicht um eine Grenzbewegung handelt, wird diese Bewegung nur einmal ohne Führung aufgezeichnet. Danach wird der überflüssige Kalk mit einer Watterolle entfernt und die Aufzeichnungen werden mit Tesafilm abgedeckt. Dabei dürfen keine Lufteinschlüsse zwischen Tesafilm und Schreibplatte vorhanden sein.

Dann werden die Halterungen von Ober- und Unterteil des Pantographen kreuzweise gegeneinander gestellt,

ohne daß sie sich jedoch berühren. In der zentrischen Relation, die vom Behandler geführt ist, werden mit Abdruckgips gefüllte Becher über die Halterung geschoben und so Ober- und Unterteil des Pantographen in der zentrischen Relation miteinander verblockt (vgl. Abb. 85 + 86).

Wenn der Abdruckgips abgebunden hat, werden die Innenschrauben der Löffelstiele entfernt und die verblockte Schreibvorrichtung mit der entsprechenden Klemmschraube an den Montiertisch befestigt (Abb. 87). Nun werden die Referenzplatten aus dem Mund des Patienten entfernt. Die Gipsimpressionen der oberen Referenzplatte werden so beschnitten, daß sie ohne zu schaukeln am montierten Oberkiefergipsmodell mit Gummibändern befestigt werden kann.

Nun wird die verblockte Schreibvorrichtung mit der Löffelinnenschraube mit der Oberkieferreferenzplatte verbunden. Der Inzisalstift wird auf +7 eingestellt. Dann wird das Unterteil des Pantographen mit Abdruckgips mit dem Artikulatorunterteil verbunden.

Nach dem Abbinden des Gipses können die verblockten Halterungen entfernt werden und der Artikulator kann auf die aufgezeichneten Bewegungsbahnen eingestellt werden.

4.5.9. Einstellen des Artikulators auf die aufgezeichneten individuellen Unterkieferbewegungen

Beim Einstellen des Artikulators auf die aufgezeichneten Bewegungsbahnen des Pantographen[1] betrachtet man sich zuerst die Protrusions- und Blance-

---

1) Stuart, Charles D.: Instructions S. 57 ff.
auch: Huffman, Regenos: Section V, Part C
und: Bauer, A., Gutowski, A.: Gnathologie,
Die Quintessenz, Berlin 1975 S. 289 ff.

bahnen der hinteren vertikalen Schreibplatten. Wenn diese relativ gerade verlaufen, werden sofort die Kunststoffkondyleneinsätze Nr. 2 oder 4 benutzt. Wenn sie gebogen verlaufen wird der 3/8 Zolleinsatz benutzt (Abb. 51).

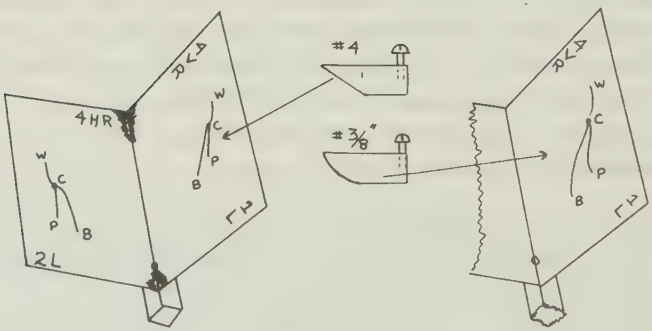


Abb. 51: Die Auswahl des geeigneten Kunststoffeinsatzes erfolgt nach Form der Balancebahn auf der hinteren vertikalen Schreibplatte. (C = Zentrik, P = Protrusionsbahn, B = Weg des Balancekondylus, W = Weg des Arbeitskondylus).

Der Interkondylarabstand ist arbiträr auf 11 mm weniger als die halbe Gesichtsbreite beiderseits eingestellt. Ein Gummiband wird um die beiden side-Shift-Halterungen gespannt, das frontal um den Querbalken zum rechten Artikulatorfuß verläuft. Dieses Gummiband sorgt dafür, daß das Artikulatoroberteil immer in der richtigen Position steht.

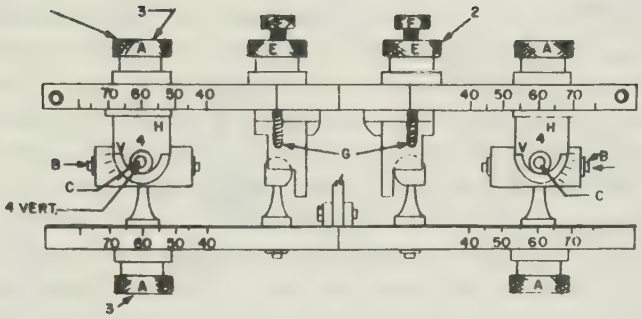


Abb. 52: Dorsalansicht des Artikulators mit der Reihenfolge der Einstellschritte.

1. Kondylenbahnneigung
2. Bennettwinkel
3. linkes Rotationszentrum
4. horizontale und vertikale Einstellung der Bewegungsrichtung des Arbeitskondylus.

a) Einstellung der Kondylenbahnneigung.

Zunächst werden bei einer linkslateralen Bewegung der Winkel der Kondylenbahn, Transtrusion, Rotationszentrum und Richtung der Achsenbewegung eingestellt (Abb. 52). Die Schraube des rechten Bennetteinsatzes wird solange herausgeschraubt, bis die Spitze des horizontalen Schreibstiftes auf der hinteren vertikalen Platte das Ende der Balancebahn erreicht hat. Dabei kann der Schreibstift ober- oder unterhalb der Balancebahn stehen. Steht er unterhalb bedeutet das, daß der eingestellte Winkel zu groß ist und vermindert werden muß. Die Imbusschraube für die Kondylenbahnneigungseinstellung wird gelöst und der Winkel so verändert, daß die Spitze des Schreibstiftes genau auf dem Ende der Balancebahn steht (Abb. 53).

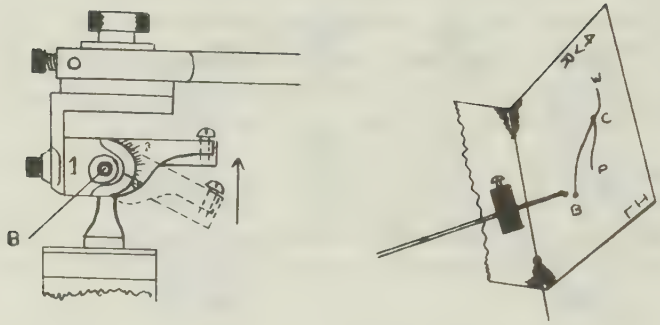


Abb. 53: Einstellen der Kondylenbahnneigung. Der Schreibstift muß mit dem Ende der Balancebahn auf der hinteren vertikalen Schreibplatte übereinstimmen.

b) Einstellung des Bennetwinkels.

Dazu wird die große Schraube E (Abb.54) der Bennetthalterung gelöst und dieser Winkel so eingestellt, daß die vertikale Schreibspitze mit dem Ende der Balancebahn auf der hinteren horizontalen Schreibplatte übereinstimmt. Dabei muß darauf geachtet werden, daß die Kondylenkugeln dicht anliegen und kein Spiel vorhanden ist.

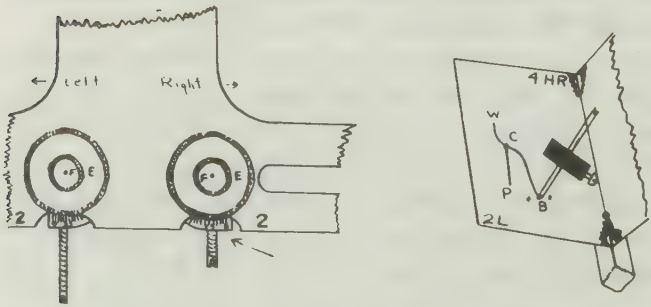


Abb. 54: Einstellen des Bennettwinkels. Der Schreibstift muß mit dem Ende der Balancebahn auf der hinteren horizontalen Schreibplatte übereinstimmen.

c) Einstellung des Rotationszentrums

Nun wird das linke Rotationszentrum mit Hilfe der Pfeilwinkelregistrierung auf der vorderen rechten Schreibplatte eingestellt (Abb.55). Wenn sich die Schreibspitze zwischen der Protrusionsbahn und der linken Lateralbahn befindet, wird der Kondylarabstand verkleinert. Befindet sich die Schreibspitze außerhalb davon, wird der Interkondylarabstand vergrößert. Bei Veränderungen müssen Kondylenhalterung und Kondylengehäuse immer um den gleichen mm-Betrag verändert werden. Nun werden die Positionen der Schreibstiftspitzen aus dem ersten und zweiten Schritt geprüft, ob sie noch immer mit dem Ende der Bewegungsbahn übereinstimmen. Korrekturen können nach jeder Einstellung notwendig sein.

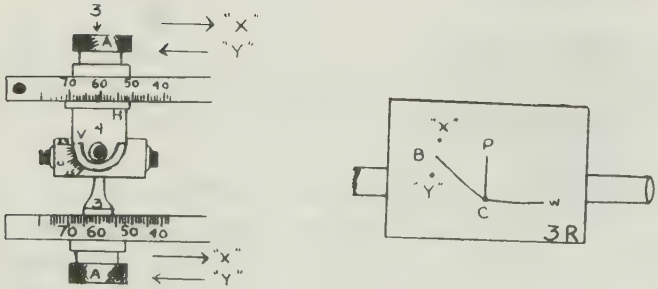


Abb. 55: Das linke Rotationszentrum wird mit der Pfeilwinkelregistrierung der vorderen horizontalen Schreibplatte eingestellt. Der Schreibstift muß wieder mit dem Ende der Linie übereinstimmen.

d) Einstellung der Bewegungsrichtung des Arbeitskondylus.

Jetzt wird der Bewegungsablauf für den Arbeitskondylus eingestellt. Entsprechend den Bewegungsmöglichkeiten des Arbeitskondylus (vgl. Abb. 12) können Einstellungen in horizontaler und - oder vertikaler Richtung erforderlich sein. Bei einer linkslateralen Bewegung ist der linke Kondylus der Arbeitskondylus. Er wird entsprechend den aus der zentrischen Position nach rückwärts verlaufenden kurzen Linien der hinteren linken vertikalen Schreibplatte eingestellt. Zuerst wird die Schreibspitze vertikal so eingestellt, daß sie genau mit der Linie übereinstimmt (Abb. 56).

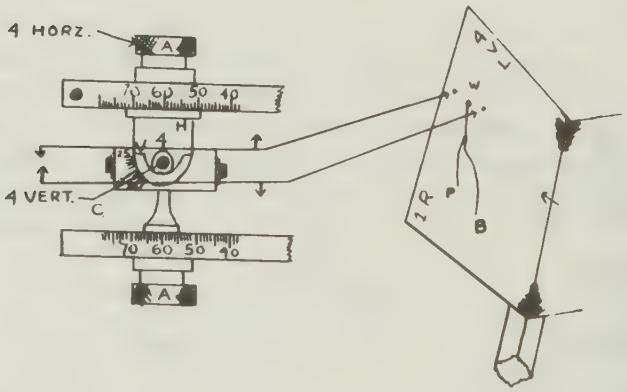


Abb. 56: Einstellen der vertikalen Bewegungskomponente des Arbeitskondylus. Die Schreibstiftspitze muß nicht unbedingt mit dem Ende der Linie übereinstimmen.

Dazu wird die dorsale Imbusschraube des Gehäuses der Eminentia gelöst und um seine sagittale Achse so gedreht, daß die Schreibspitze entweder auf der Linie oder deren Verlängerung steht. Dabei muß die Eminentialhalterung gut gegen die Kondylenkugel gedrückt werden und die Kondylenkugel der Bennetteinstellung muß festen Kontakt mit dem Metalleinsatz haben.

Stimmt die Schreibspitze nicht mit dem Ende der Linie überein, so wird durch horizontales Verstellen des Kondylengehäuses Schreibspitze und Linienende zur Deckung gebracht (Abb. 57).

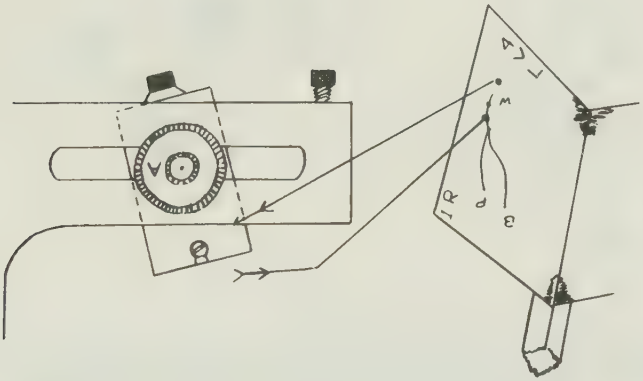


Abb. 57: Beim Einstellen der horizontalen Bewegungskomponente des Arbeitskondylus muß die Schreibstiftspitze mit dem Ende der aufgezeichneten Linie übereinstimmen.

Es werden wieder die Positionen der anderen Schreibstifte geprüft und gegebenenfalls nachgestellt. Beim Einstellen für die rechtslaterale Bewegung wird entsprechend verfahren. Dabei wird das Gummiband um den linken hinteren Fuß gespannt und die linke Schraube des Bennettmetalleinsatzes benutzt, um die Lateralbewegung zu fixieren. Wenn entsprechend verfahren worden ist, werden die Einstellungen für die linkslaterale Bewegung kontrolliert und evt. korrigiert.

d) Auswahl und Veränderung der Kondylareinsätze entsprechend der individuell aufgezeichneten Bewegungsbahn.

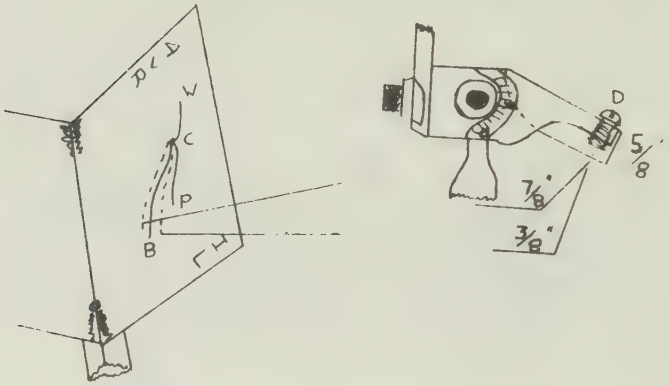


Abb. 58: Auswahl des richtigen Eminentiaeinsatzes. Wird ein anderer Einsatz gewählt, müssen die anderen Einstellungen korrigiert werden.

Zuerst erfolgt die Auswahl des geeigneten Eminentialeinsatzes. Es wird eine Lateralbewegung ausgeführt und darauf geachtet, wie die Schreibstiftspitze auf der hinteren vertikalen Schreibplatte verläuft(Abb.58).Ver**läuft sie oberhalb, muß ein Einsatz mit größerer Krümmung gewählt werden; verläuft die Schreibstiftspitze unterhalb der Balancebahn, muß eine kleinere Krümmung gewählt werden. Bei Änderung des Kunststoffeinsatzes muß der Kondylenbahnwinkel erneut eingestellt werden. Zu diesem Zeitpunkt darf noch nicht an den Einsätzen geschliffen oder Kunststoff zugefügt werden.**

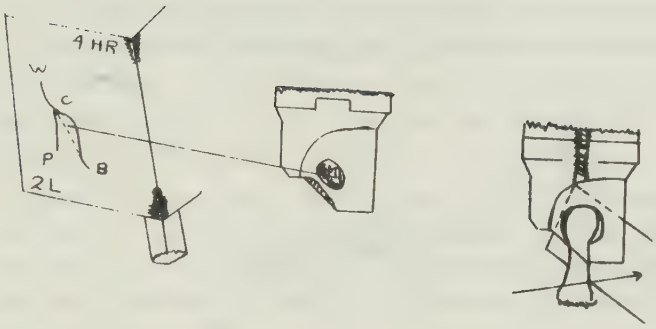


Abb. 59: Die Art der side-shift wird im Metalleinsatz solange eingeschliffen, bis der Schreibstift auf der ganzen Länge der aufgezeichneten Bewegung der Linie folgt.

Die Bennettbewegung wird als nächstes eingestellt. Dazu beobachtet man den Verlauf des vertikalen Schreibstiftes auf der hinteren horizontalen Schreibplatte (Abb.59).Wenn sich die Spitze nicht entlang der Balancebahn bewegt, muß der Einsatz beschliffen werden. Hierfür wird Artikulationspapier zwischen Kondylenkugel und Metalleinsatz gebracht und eine Lateralbewegung in dem Bereich durchgeführt, der von der Schreibstiftspitze nicht erfaßt wurde. Der markierte Bereich wird solange beschliffen, bis die Schreibstiftspitze in ihrem gesamten Verlauf der Balancebahn auf der hinteren horizontalen Schreibplatte folgt. Dieser Vorgang wird ebenfalls links und rechts durchgeführt. Wenn die Metalleinsätze beschliffen werden müssen, muß der Interkondylarabstand rechts und links ebenfalls neu eingestellt werden, da die Schreibstiftspitzen nicht mehr mit den Enden der

Linien auf den vorderen horizontalen Schreibplatten übereinstimmen.
Als nächstes wird der Eminentiaeinsatz entsprechend dem individuellen Verlauf der Balance- und der Protrusionsbahn, durch Beschleifen und - oder auftragen von Kaltpolymerisat verändert (Abb. 60).

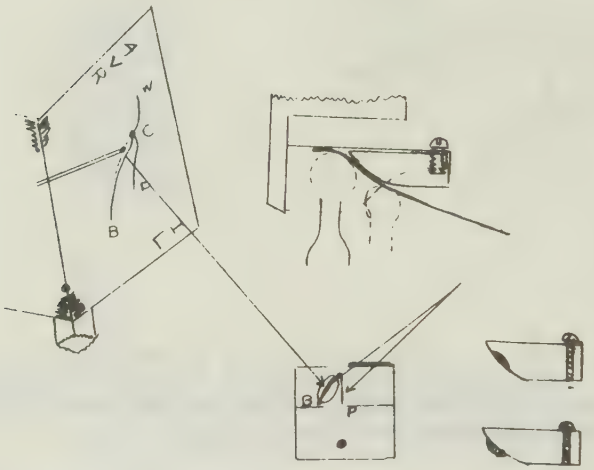


Abb. 60: Durch Auftragen von Kaltpolymerisat oder Schleifen am Kunststoffeinsatz wird die Balancebahn so korrigiert, daß der Schreibstift der aufgezeichneten Bahn auf der ganzen Länge folgen kann.

Dazu werden die Einstellschrauben der beiden Metalleinsätze um den gleichen Betrag hereingeschraubt und eine Protrusionsbewegung wird simuliert. Beobachtet werden dabei die Protrusionsbahnen der hinteren vertikalen Schreibplatten. Ist bis zu diesem Schritt die Protrusionsbahn noch nicht automatisch eingestellt, so muß durch Beschleifen oder Hinzufügen von Autopolymerisat der Kunststoffeinsatz solange verändert werden, bis die Schreibstiftspitzen den Protrusionsbahnen folgen können.

Die Lateralbewegung wird in gleicher Weise überprüft. Folgt die Schreibstiftspitze nicht im ganzen Verlauf der aufgezeichneten Balancebahn, so wird

an den entsprechenden der Kunststoffeinsatz mit Okklusionsfolie markiert und durch Beschleifen oder Auftragen von Kaltpolymerisat individuell umgeformt.

Bei der Abschlußkontrolle werden noch einmal alle Positionen überprüft und gegebenenfalls Veränderungen vorgenommen. Der Artikulator ist richtig eingestellt, wenn die Schreibstiftspitzen bei den verschiedenen Bewegungen den aufgezeichneten Bahnen folgen.

Modelle in einem so eingestellten Artikulator erlauben die gleichen Bewegungen gegeneinander, wie sie der Patient in der Lage ist auszuführen. Die gefundenen Werte werden in eine Registrierkarte eingetragen (Abb. 61).

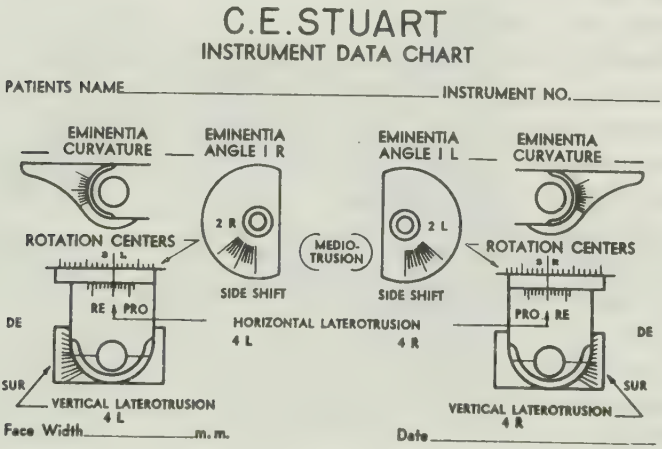


Abb. 61: Vorderseite der Registrierkarte zum STUART-Artikulator

4.5.10. Ausfüllen der Registrierkarte

Die am Artikulator gefundenen Werte werden in eine Karte eingetragen. Die Karte, die individuell veränderten Bennett- und Kondyleneinsätze und die montierten Modelle dienen als Unterlagen, die aufgehoben werden (Abb. 90 - 94).

Das Eintragen in die Registrierkarte erfolgt derart, daß auf der linken Seite die gefundenen Werte für das linke Kiefergelenk und auf der rechten Seite diejenigen Werte des rechten Gelenks aufgeführt werden.

Eingetragen wird:

1. Name des Patienten
2. Nummer des benutzten Instruments
3. Krümmung des Kondyleneinsatzes (Vermerk ob beschliffen oder Kunststoff aufgetragen wurde)
4. Bennettwinkeleinsatz (Vermerk ob beschliffen)
5. Rotationszentren
6. Horizontale Laterortrusion
   a) vor (pro)
   b) zurück (re)
7. Vertikale Laterotrusion
   a) auf (sur)
   b) ab (de)
8. Gesichtsweite
9. Datum.

Die Rückseite der Registrierkarte ist geschwärzt. Sie dient zur Aufnahme der registrierten Grenzbewegungen. Dazu werden die Tesastreifen der Registrierplatten des Pantographen abgezogen. Ein Teil der aufgetragenen Kreidelösung bleibt am Tesastreifen haften. Durch das Aufkleben auf die geschwärzte Rückseite werden die aufgezeichneten Bewegungsbahnen sichtbar.

Auf der linken Seite werden die Aufzeichnungen der rechten Schreibplatten aufgeklebt, auf der rechten diejenigen der linken Seite.

Außen werden die Aufzeichnungen der hinteren horizontalen Schreibplatten, innen diejenigen der vertikalen Schreibplatten aufgeklebt. Darunter kommen die Aufzeichnungen der vorderen horizontalen Schreibplatten der jeweiligen Seite (Abb. 90 - 94).

4.5.11. Die einzelnen Phasen einer pantographischen Aufzeichnung

Die folgenden Abbildungen zeigen die einzelnen Schritte einer pantographischen Aufzeichnung:

Abb. 62: Referenzplatten eingegipst

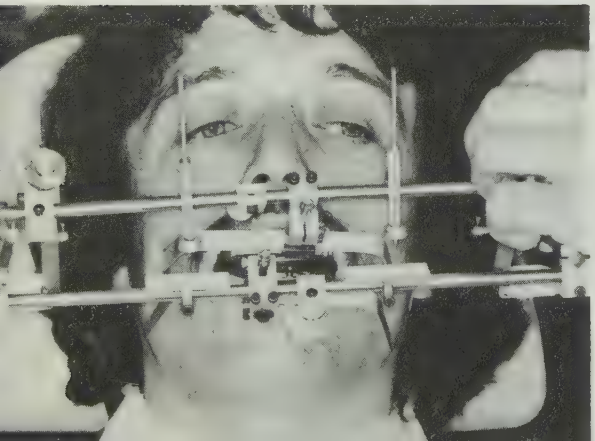


Abb. 63: Pantograph angelegt

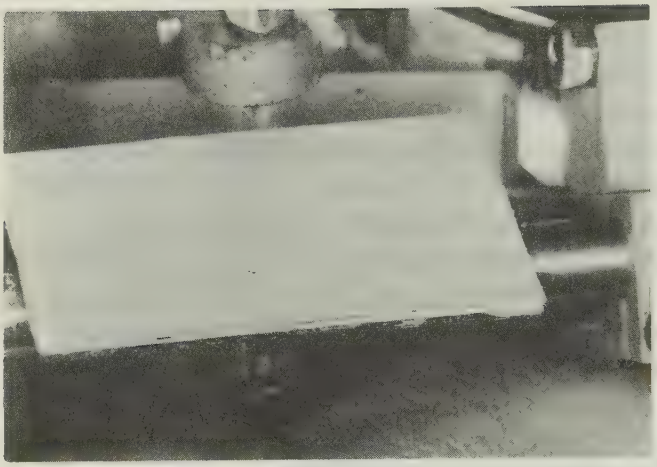


Abb. 64:
zentrischer
Punkt

Abb. 65:
Aufzeichnung der linkslateralen Bewegung auf der hinteren rechten horizontalen Platte

Abb. 66:
Aufzeichnung der linkslateralen Bewegung auf der hinteren rechten vertikalen Platte

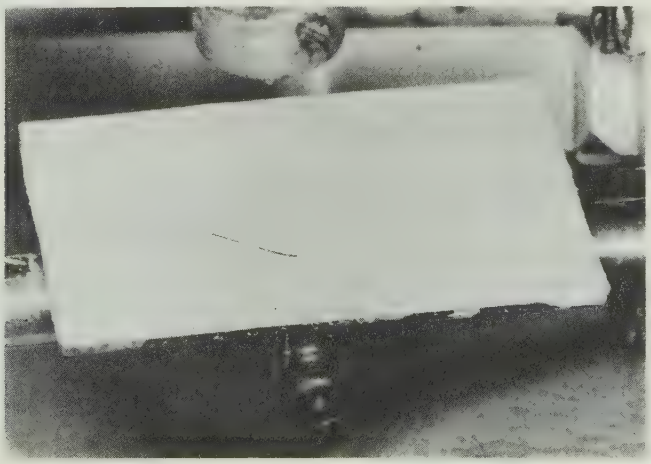


Abb. 67:
Aufzeichnung der linkslateralen Bewegung auf der vorderen rechten horizontalen Platte

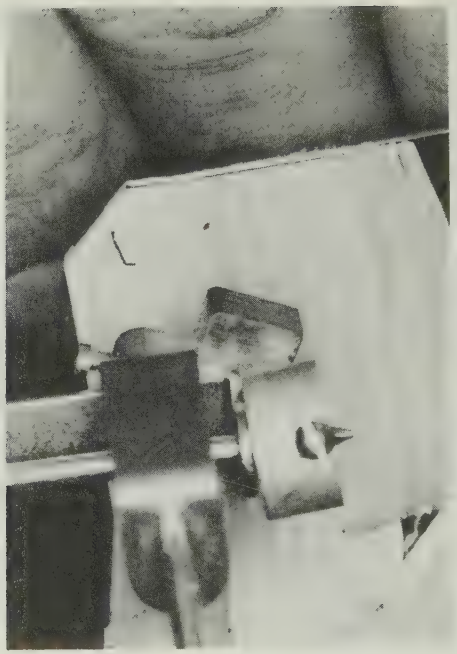


Abb. 68:
Aufzeichnung der linkslateralen Bewegung auf der hinteren linken vertikalen Platte

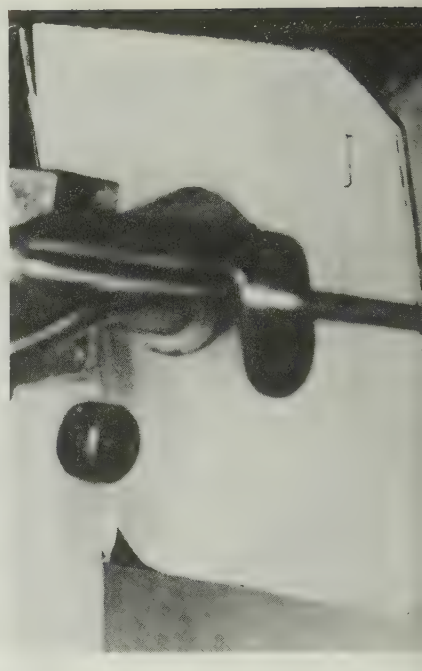


Abb. 69:
Aufzeichnung der linkslateralen Bewegung auf der hinteren linken horizontalen Platte

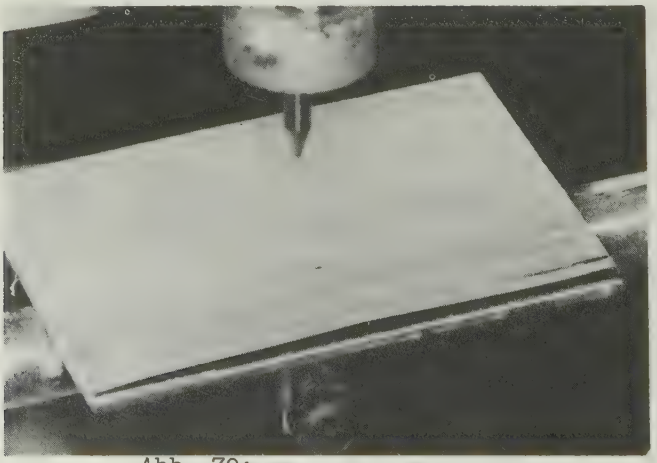


Abb. 70:
Aufzeichnung der linkslateralen Bewegung auf der vorderen linken horizontalen Platte

Abb. 71:
Aufzeichnung der rechtslateralen Bewegung auf der hinteren rechten horizontalen Schreibplatte

Abb. 72:
Aufzeichnung der rechtslateralen Bewegung auf der hinteren rechten vertikalen Schreibplatte

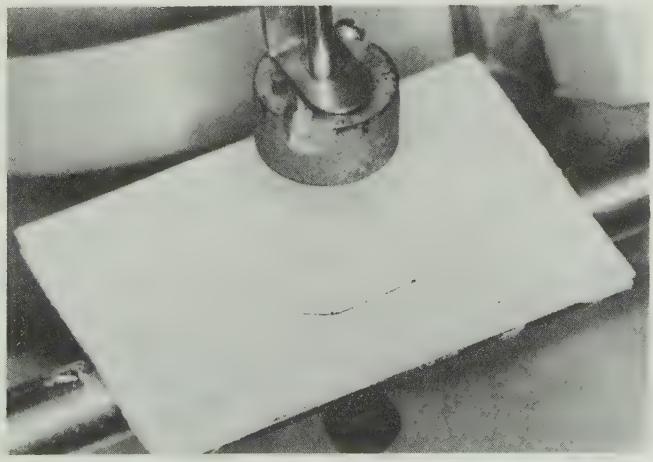


Abb. 73:
Aufzeichnung der rechtslateralen Bewegung auf der vorderen rechten horizontalen Schreibplatte

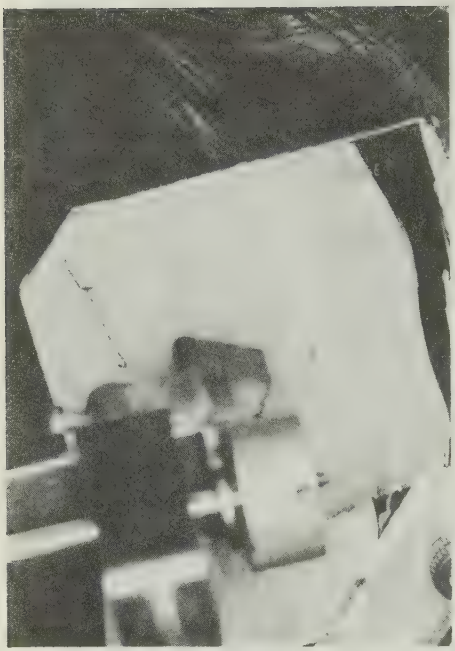


Abb. 74:

Aufzeichnung der rechtslateralen Bewegung auf der hinteren linken vertikalen Schreibplatte

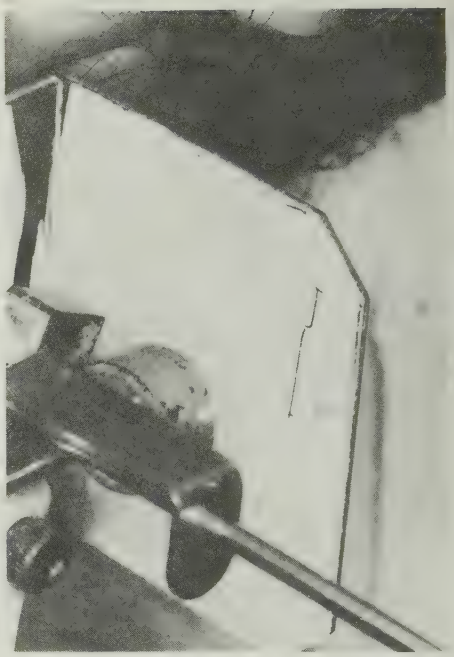


Abb. 75:

Aufzeichnung der rechtslateralen Bewegung auf der hinteren linken horizontalen Schreibplatte

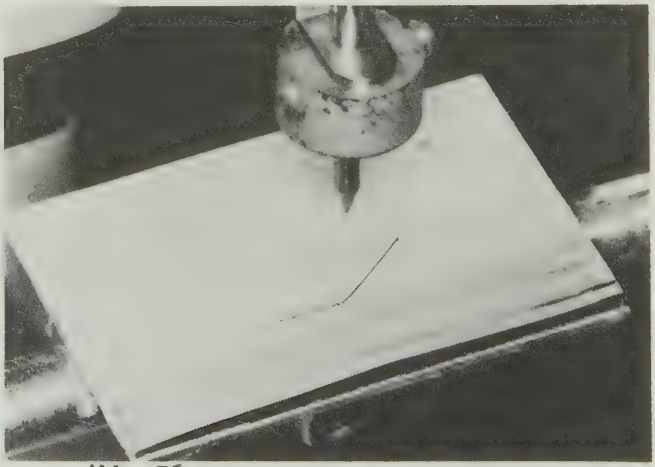


Abb. 76:

Aufzeichnung der rechtslateralen Bewegung auf der vorderen linken horizontalen Schreibplatte

bb. 77:
ufzeichnung der Protusionsbe-
egung auf der hinteren rechten
orizontalen Platte

Abb. 78:
Aufzeichnung der Protusionsbe-
wegung auf der hinteren rechten
vertikalen Platte

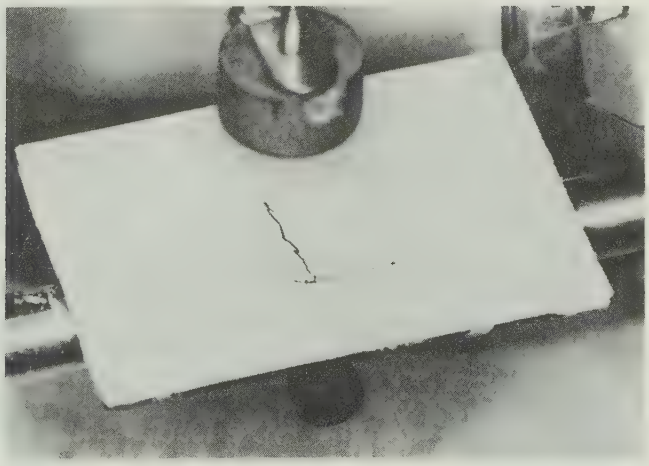


Abb. 79:
Aufzeichnung der Protusionsbewegung auf
der vorderen rechten horizontalen Platte

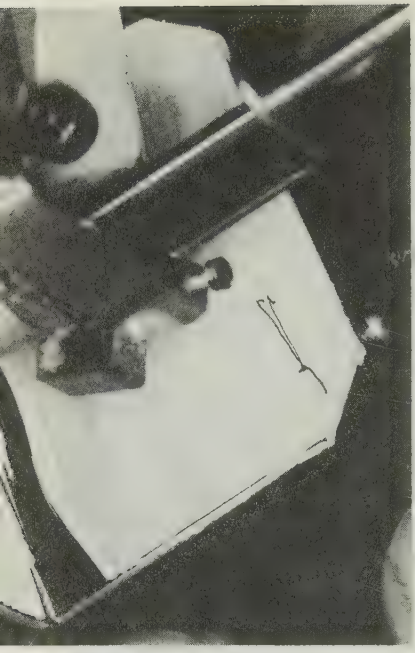


Abb. 80:
Aufzeichnung der Protusionsbewegung auf der hinteren linken vertikalen Platte

Abb. 81:
Aufzeichnung der Protusionsbewegung auf der hinteren linken horizontalen Platte

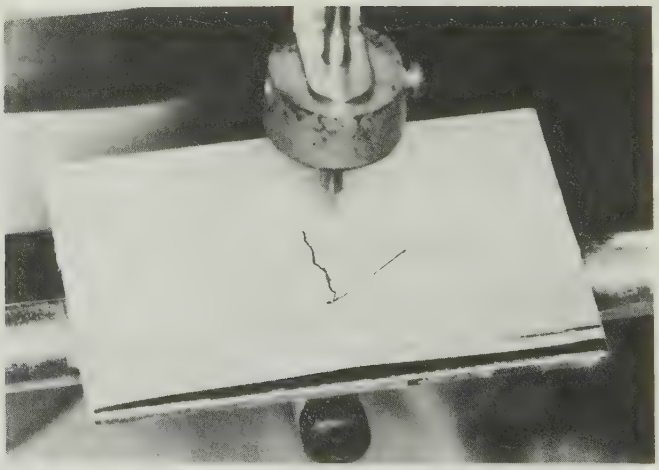


Abb. 82:
Aufzeichnung der Protusionsbewegung auf der vorderen linken horizontalen Platte

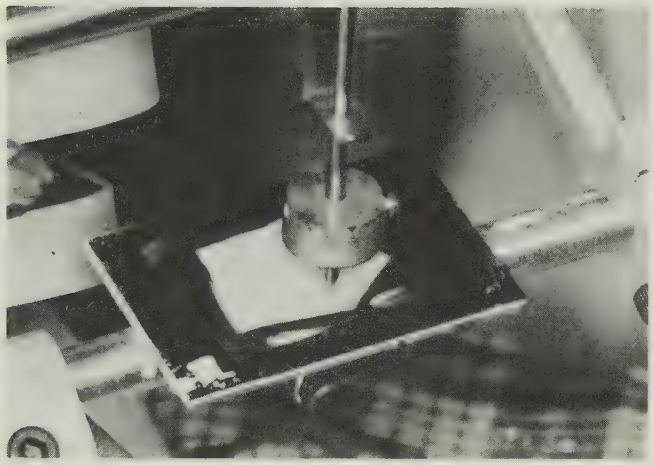


Abb. 83:

Abgeklebte Aufzeichnungen ,Nadelspitze auf zentrischen Punkt

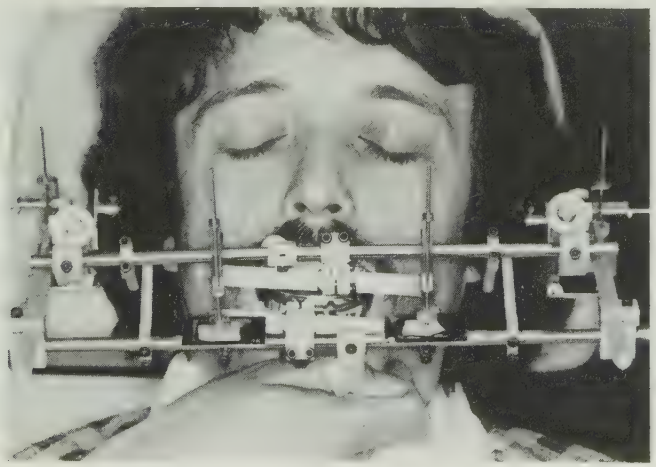


Abb. 84:

Führungs- und Haltegriff

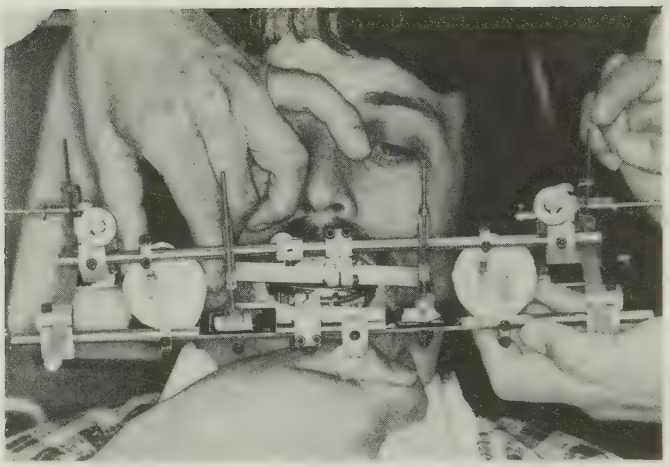


Abb. 85:
Vergipsen von Pantographenober- und -unterteil

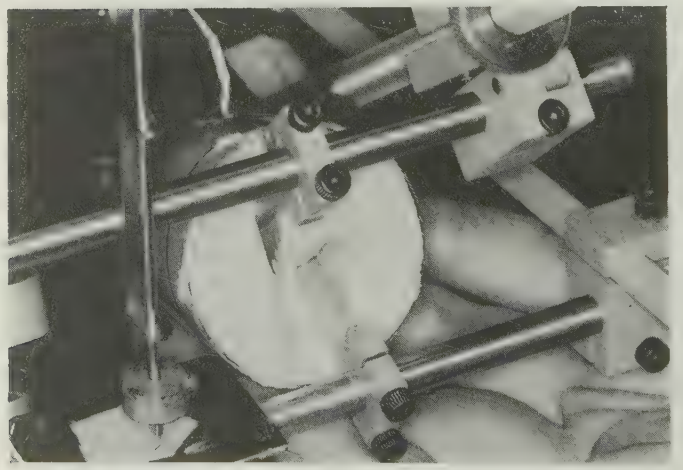


Abb. 86: Ober- und Unterteil des Pantographen sind durch Gips verblockt.

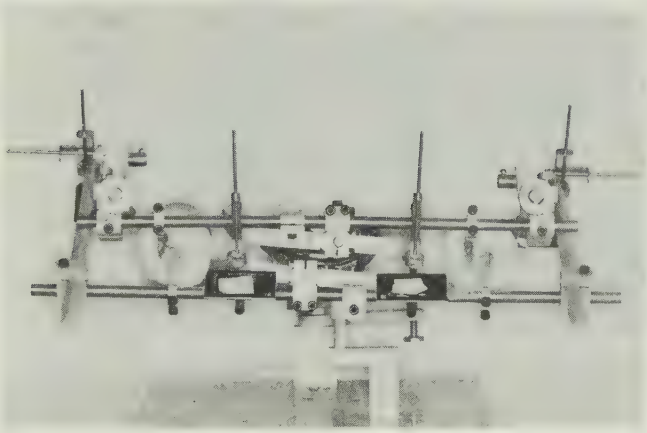


Abb. 87: Verblockter Pantograph mit Referenzplatten auf dem Montiertisch

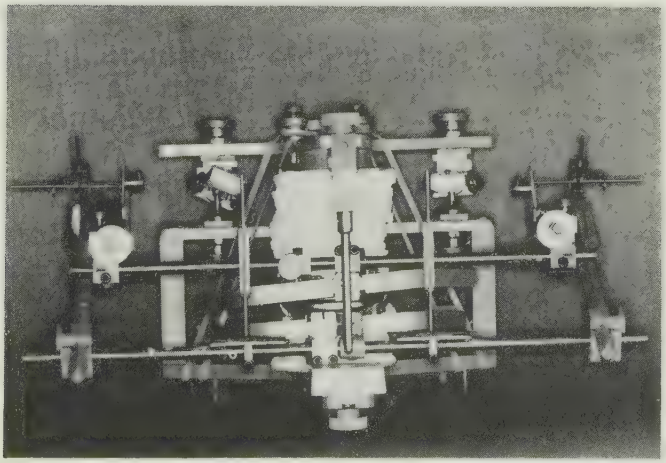


Abb. 88: Verblockter Pantograph am Artikulator

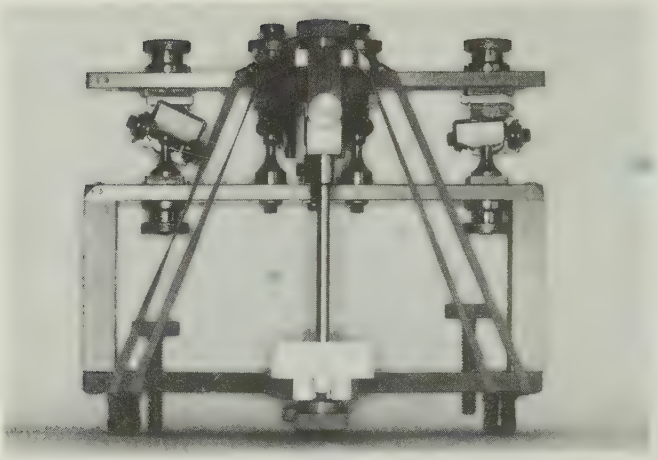


Abb. 89: Eingestellter Artikulator

4.5.12. Pantographische Registrate von fünf Probanden

Das beschriebene Verfahren wurde bei fünf Probanden angewandt. Die Auswahl der Probanden erfolgte nach drei Gesichtspunkten:

1. Die Neun-Punkte-Untersuchung nach KROUGH-POULSEN sollte sicherstellen, daß keine Schädigung des Bewegungsapparates des Kiefergelenks vorhanden war. (Bei Schädigungen des Bewegungsapparates des Kiefergelenks oder der Kaumuskulatur ergibt sich eine pantographische Aufzeichnung, die von der Norm abweicht. Bevor Patienten, die an einer solchen Erkrankung leiden, registriert werden, ist eine Vorbehandlung notwendig. In dieser Vorbehandlung soll erreicht werden, daß ein normaler Bewegungsablauf innerhalb der Grenzbewegungen ohne Beschwerden erfolgen kann.)
2. Der Gebißbefund der Probanden fand in sofern Berücksichtigung, als nur vollbezahnte Patienten ausgesucht wurden. Nach der Art der Okklusion - ob Eckzahnführung vorhanden war oder nicht - wurde nicht differenziert.
3. Das Alter der Probanden bewegt sich zwischen 19 und 26 Jahren.

Ein Problem ergab sich bei der photographischen Reproduktion der Rückseite der Registrierkarte. Die pantographischen Aufzeichnungen werden mit Tesafilm abgeklebt, nach dem Einstellen des Artikulators abgezogen und auf die Rückseite der Registrierkarte aufgeklebt. Durch diesen Vorgang ergibt sich ein sehr starker Kontrastverlust, der eine direkte photographische Wiedergabe der Registrierkartenrückseite nicht sinnvoll erscheinen ließ.

Um die pantographischen Aufzeichnungen deutlich sichtbar zu machen, wurden die Aufzeichnungen nach-

gezeichnet.

Diese Problematik ergibt sich beim Denar-Artikulator, der ebenfalls nach einer pantographischen Aufzeichnung eingestellt wird, nicht, da hier die Aufzeichnung mit Graphitstiften vorgenommen werden, die mittels Druckluft an die aufgeklebten Papierregistrierkarten angepresst werden.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Vorderseite der ausgefüllten Registrierkarten und pantographischen Aufzeichnungen einiger ausgesuchter Probandenfälle.

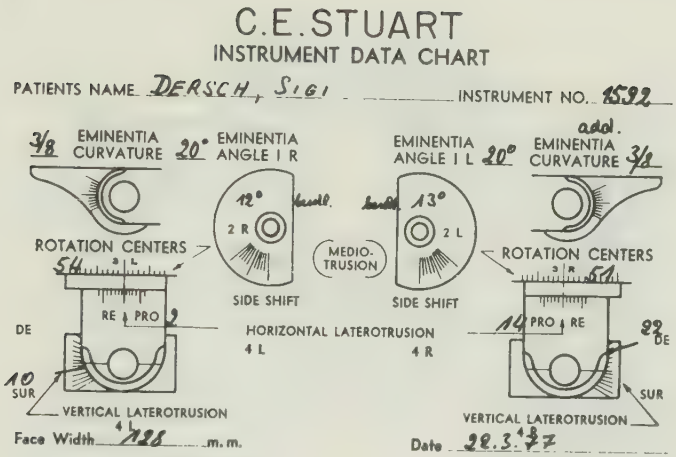


Abb. 90a: Proband 1 - Registrierkartenvorderseite

Abb. 90b: Registrierkartenrückseite

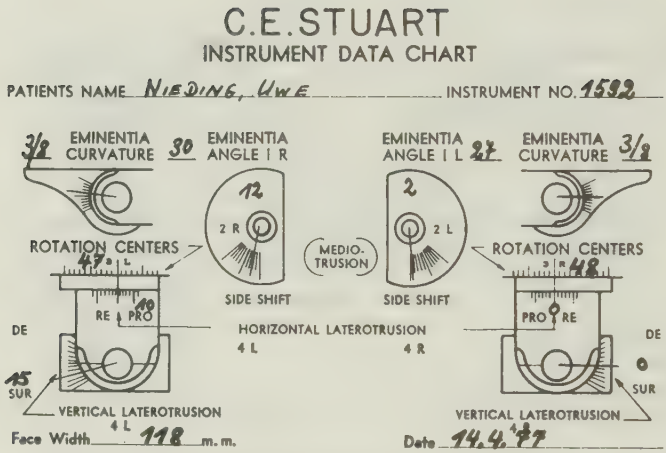


Abb. 91a: Proband 2 - Registrierkartenvorderseite

Abb. 91b: Registrierkartenrückseite

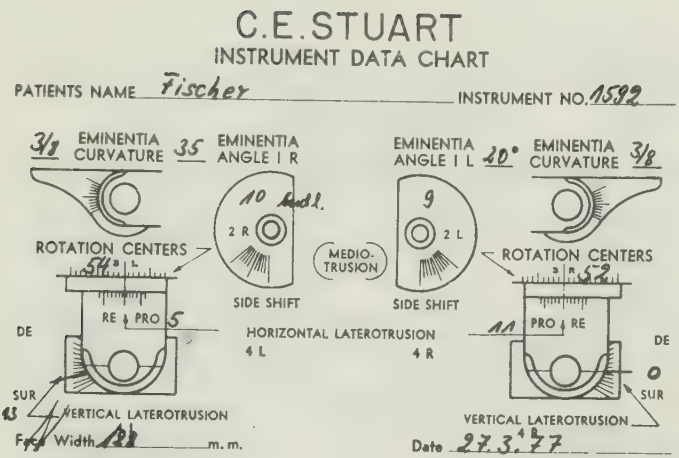


Abb. 92a: Proband 3 - Registrierkartenvorderseite

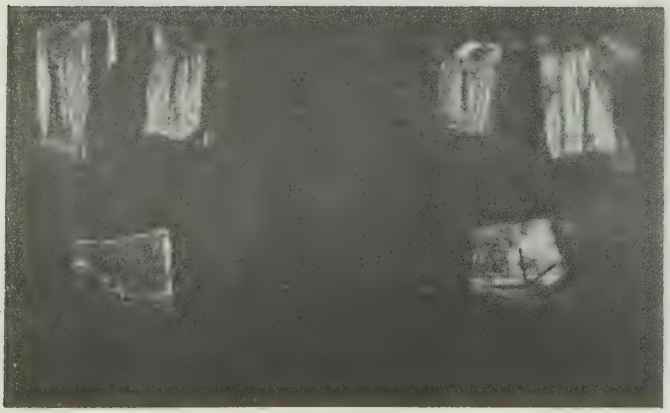


Abb. 92b: Registrierkartenrückseite

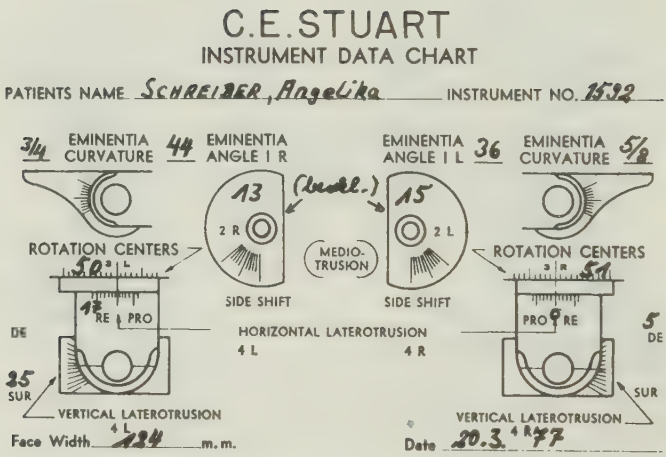


Abb. 93a: Proband 4 - Registrierkartenvorderseite

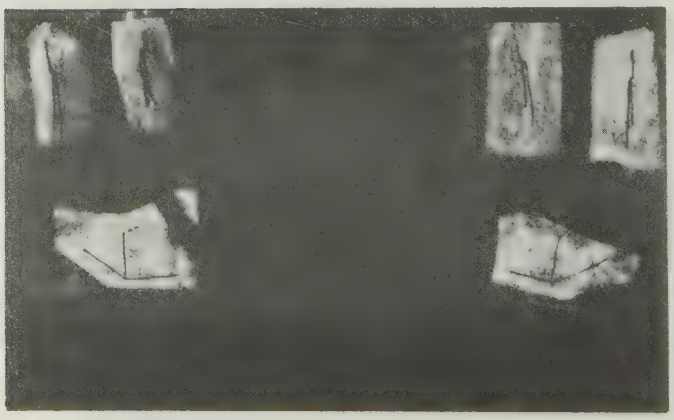


Abb. 93b: Registreirkartenrückseite

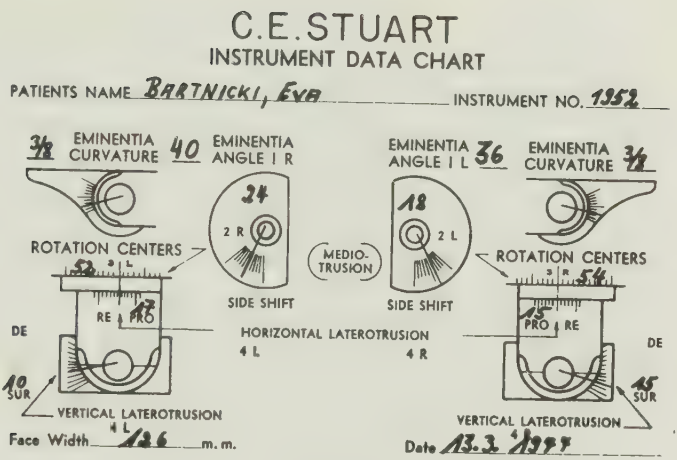


Abb. 94a: Proband 5 - Registrierkartenvorderseite

Abb. 94b: Registrierkartenrückseite

5. Diskussion der Grenzbewegungen

Bei der Diskussion der Grenzbewegungen muß man berücksichtigen, daß die aufgezeichneten Bewegungsbahnen nicht die direkte Bewegung der Kondylen wiedergeben. Was aufgezeichnet wird, ist die Bewegung eines Punktes, der außerhalb des Kondylus liegt. Es wird also nicht die Bewegung des Rotationszentrums direkt aufgezeichnet, sondern die Projektion dieses Punktes. Durch diese Projektion ist ein direktes Ablesen der Bewegung der Kondylen nicht möglich. Es wird jedoch eine Vergrößerung der eigentlichen Bewegung der Kondylen erreicht und damit ein leichteres und genaueres Einstellen des Artikulators auf die aufgezeichneten Grenzbewegungen.[1)]

Die Genauigkeit der Übertragung der aufgezeichneten Bewegungen auf den Stuart-Artikulator wurde von Mc Neil elektronisch geprüft.[2)] Dabei stellte er fest, daß die Bewegung des Patienten am genauesten elektronisch festgehalten werden können. Der Stuart-Artikulator, gefolgt vom Denar-Artikulator, der nach einem ähnlichen Prinzip arbeitet, und dem TMJ-Artikulator gibt nach dieser Untersuchung, verglichen mit der elektronischen Aufzeichnung, die Bewegungen des Unterkiefers am genauesten wieder.

Als Gerät zur wissenschaftlichen Anwendung eignet es sich somit am ehesten. Dafür muß jedoch beachtet werden, daß - im Sinne einer Vergleichbarkeit der

---

1) Clayton:
- Graphic Recordings of Mandibular Movements: Research Criteria. J.Prosth.Dent. 25, 287 (1971)
- Pantographic Tracings of Mandibular Movements and Occlusion. J.Prosth.Dent. 25, 389 (1971)

2) Mc Neil: November 1976, Marburg

Ergebnisse - die Bedienungsanleitung des Herstellers zu beachten ist. Änderungen in der Arbeitstechnik müssen angemerkt und beschrieben werden. Ein exaktes Einhalten der Arbeitsanleitung liefert reproduzierbare Ergebnisse, die zur Erforschung noch unklarer Fragen der Unterkieferkinematik beitragen können.[1)]

Unklarheit besteht über die Bedeutung der verschiedenen Arten der "side shift". Es ist noch nicht abgeklärt, ob es sich um eine physiologische Bewegung handelt oder um eine Bewegung, die aus Abnutzungserscheinungen resultiert (im Sinne eines Schlottergelenkes).[2)]

Mit Langzeituntersuchungen an Probanden mit Milchgebiß, Wechselgebiß und bleibendem Gebiß, an Probanden vor kieferorthopädischer Behandlung und danach läßt sich diesem Problem vermutlich näherkommen. Aus der Beobachtung und dem Vergleich der aufgezeichneten Bewegungsbahnen lassen sich wahrscheinlich verwertbare Rückschlüsse ziehen.

Abgeklärt ist der Einfluß der unterschiedlichen Bewegungen auf die Gestaltung der künstlichen Kauflächen. HOCKEL[3)] hat dazu in seinen 'Charts'

---

1) siehe dazu:
Knap:
- Motions of the Mandible Related to Modern Gnathologie Concepts. J.Prosth.Dent. 24, 148 (1970)
- Computerized Analysis and Duplication of Mandibular Motion. J.Prosth.Dent. 33, 535 (1975)

Kotowicz:
Analysis of Pantographie Recordings. J.Proth.Dent. 24, 268 (1970)

Watt:
A Study of the Reproducibility of Articulator Settings fromGraphic Records of Mandibular Movements. J.Prosth.Dent. 19, 119 (1968)

2) Roura: Pantographic Records on TMJ-Dysfunction Subjects Treated with Occlusal Splints: A Progress Report. J.Prosth.Dent. 33, 442 (1975)

3) Hockel, Jack L.: CHARTS (illustrating the effects and interrelationships of anatomical Determinants. Sterographic tracings, fully adjustable instrument and posterior and auterior teeth). Zu beziehen durch: Jack L. Hockel, D.D.S. 1001 Treat Boulevard, Concord, Calif. 94520 USA.

fünf Kriterien aufgeführt, die die Gestaltung der Front- und Seitenzähne beeinflussen. Kondylenbahnneigungswinkel, Mediotrusion, vertikale und horizontale Laterotrusion und der Interkondylarabstand haben Einfluß auf Höckerhöhe, Richtung der Wülste und Furchen der Seitenzähne und auf die linguale Konkavität der Frontzähne im Oberkiefer. In den folgenden Abbildungen werden nach HOCKEL graphisch einander gegenübergestellt die Anatomie des Kiefergelenks, die Aufzeichnung des Pantographen, die Einstellung des Artikulators und die Auswirkung auf Seiten- und Frontzähne (Abb. 96 - 101).

Abb. 95:

Die Bewegung des Kondylus in der Sagittalebene (Kondylenbahnneigung).

Ihre Beziehungen zur Anatomie des Kiefergelenks (Anatomie), zur Aufzeichnung mit den Pantographen (Aufzeichnung), zur Einstellung des Artikulators (Instrument) und zur Form der Zähne (Zähne) nach HOCKEL.

I. Kondylenbahnneigung

Projektion auf die Sagittalebene von Rechts betrachtet)

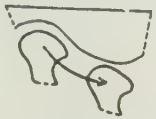
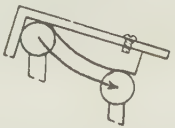
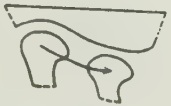
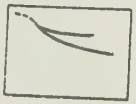
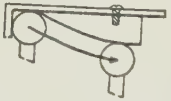
Anatomie	Aufzeichnung	Instrument	Zähne: Seitenzähne Höckerhöhe Fossatiefe	Zähne: Frontzähne linguale Konkavität der oberen Frontzähne
Fossa u. Tuberculum articulare	vertikale hintere Schreibplatte (am OK befestigt)	Kondylenbahnneigung u. -krümmung		
				
steil	Die Protrusionsbahn verläuft oberhalb der Balancebahn. Die Protrusionsbahn in der Fossa verläuft lateral von der Balancebahn, die stärker abfällt infolge der stärkeren medialen Fossakrümmung	Die Kunststoffeinsätze haben unterschiedliche Krümmungen und können durch Schleifen oder Auftragen von Kunststoff verändert werden	Hohe Höcker, tiefe Fossae	geringe Konkavität möglich
				
flach			niedrige Höcker, flache Fossae	größere Konkavität notwendig

Abb. 95

- 143 -

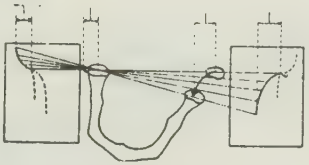
Abb. 96:

Die Bewegung des Kondylus in der Horizontalebene (Transtrusion) .
Ihre Beziehungen zur Anatomie des Kiefergelenks (Anatomie), zur Aufzeichnung mit dem Pantographen (Aufzeichnung), zur Einstellung des Artikulators (Instrument) und zur Form der Zähne (Zähne) nach HOCKEL.

II. Transtrusion
Projektion der rechtslateralen Bewegung auf die Horizontalebene)

Anatomie und Aufzeichnung

Mediale Bewegung des Rotationszentrum des Balancekondylus (Mediotrusion) und die reziproke laterale Bewegung des Rotationszentrum des Arbeitskondylus (Laterotrusion)



Reziproke Linie des Arbeitskondylus

Mediale Bewegung des Balancekondylus

(Schreibplatten am OK)

Mediotrusionsbewegung des Balancekondylus

A. medial und vorwärts

B. medial und abwärts

Instrument

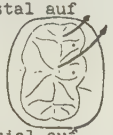
Bennettwinkel u. Form des Einsatzes (beschliffen)
Das mediale Bewegungszentrum ist separat vom horizontalen u. vertikalen angebracht

Zähne

Seitenzähne

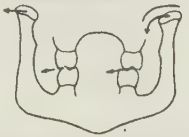
stärkere side-shift beeinflußt:
A: Richtung der Dreieckswülste u.Fissuren

mehr nach distal auf den oberen



mehr nach mesial auf den unteren (Balanceseite)

B. Höckerhöhe



stärkere side-shift erfordert kürzere Höcker (auf beiden Kieferhälften)

Frontzähne

linguale Konkavität der oberen Eckzähne der Arbeitsseite

stärkere side-shift erfordert stärkere Konkavität

Abb. 96

Abb. 97:

Die Bewegung des Arbeitskondylus in der Frontalebene (Vertikale Laterstrusion).

Ihre Beziehungen zur Anatomie des Kiefergelenks (Anatomie), zur Aufzeichnung mit dem Pantographen (Aufzeichnung), zur Einstellung des Artikulators (Instrument) und zur Form der Zähne (Zähne) nach HOCKEL.

III. Vertikale Laterotrusion des Arbeitskondylus

(Frontalansicht der rechtslateralen Bewegung)

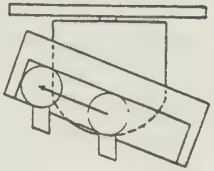
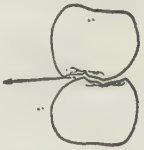
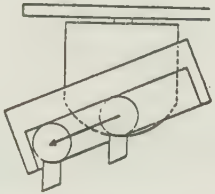
Anatomie	Aufzeichnung	Instrument	Zähne	
oben Laterosurtrusion	vertikale hintere Schreibplatte (am OK befestigt)	Surtrusion	Seitenzähne Höckerhöhe	Frontzähne linguale Konkavität der oberen Frontzähne muß größer sein
				
	Laterotrusionskomponente im Rotationskondylus u. vorwärts-abwärts-gerichtete Bewegung im Arbeitskondylus	Rotationszentrum bewegt sich lateral und aufwärts	Müssen kürzer sein Fossae müssen niedriger sein	
unten Laterodetrusion		Detrusion		
				
Graphische Bewegung des Rotationszentrum	Protrusion des Balancekondylus bewirkt eine nach rückwärts gerichtete Linie auf der vertikalen Platte	Rotationszentrum bewegt sich lateral und abwärts	Höcker können höher und die Fossae tiefer sein	Linguale Konkavität der oberen Frontzähne kann geringer sein

Abb. 97

Abb. 98:

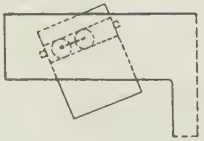
Die Bewegung des Arbeitskondylus in der Horizontalebene (Horizontale Laterotrusion).

Ihre Beziehungen zur Anatomie des Kiefergelenks (Anatomie), zur Aufzeichnung mit dem Pantographen (Aufzeichnung), zur Einstellung des Artikulators (Instrument) und zur Form der Zähne (Zähne) nach HOCKEL.

IV. Horizontale Laterotrusion des Arbeitskondylus

Rechtslaterale Bewegung in der Horizontalebene

Anatomie	Aufzeichnung	Instrument	Zähne	
			Seitenzähne	Frontzähne
Vorwärts (Lateroprotrusion)	Horizontale Schreibplatte (oben befestigt)	Protrusion	Richtung der Wülste und Fissuren	Linguale Konkavität der OK-Frontzähne



Das Rotationszentrum bewegt sich lateral und vorwärts

mehr mesial auf den oberen

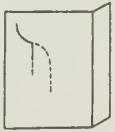
mehr dirtal auf den unteren

muß größer sein

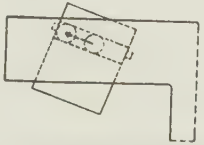
Retrusion

RUckwärts (Lateroretrusion)

Graphische Bewegung des Rotationszentrums



Protrusionsbewegung des Balancekondylus bewirkt rückwärtige Linie



Das Rotationszentrum bewegt sich lateral und rückwärts

mehr distal auf den oberen

unter mesial auf den unteren

darf weniger sein

Abb. 98

Abb. 99 :

Die Lage des Rotationszentrums in der Horizontalebene.

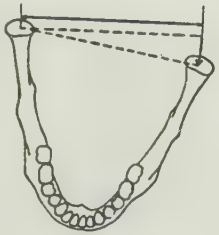
Ihre Beziehungen zur Anatomie des Kiefergelenks (Anatomie), zur Aufzeichnung mit dem Pantographen (Aufzeichnung), zur Einstellung des Artikulators (Instrument) und zur Form der Zähne (Zähne) nach HOCKEL.

V. Rotationszentren

(Horizontalansicht der rechtslateralen Bewegung)

Anatomie

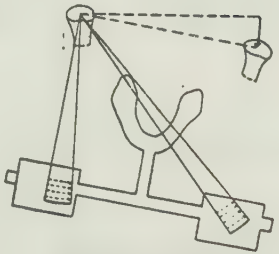
Interkondylarabstand



Die vertikalen, transversalen und sagittalen Achsen schneiden sich innerhalb der Kondylen in einem Punkt, der zum Bewegungszentrum wird

Aufzeichnung

vordere (horizontale) Schreibplatten



Von den Rotationszentren der Bewegung wird eine Bahn aufgezeichnet

Gerät

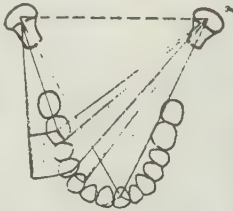
Kondylenhalterung

Der Interkondylarabstand ist eine Funktion der Schnittpunkte der Radii der Bogen, die auf den vorderen (horizontalen Schreibplatten aufgezeichnet werden)

Zähne

Seitenzähne

Winkel zwischen Arbeits- und Banalcefurchen



Je weiter die Rotationszentren von einander entfernt sind, um so mesialer verlaufen die Arbeits- und Balancefurchen auf den oberen Zähnen und um so distaler auf den unteren. Bei näheren Rotationszentrem genau umgekehrt.

Je näher ein Zahn sich in anterioposteriorer Richtung zur transversalen Achse befindet, um so spitzer ist der Winkel zwischen den Arbeits- und Balancefurchen

Frontzähne

Mesio-distal Linguale Konkavität der OK-Frontzähne

größerer Abstand zwischen den Rotationszentren → größere Konkavität

kleinerer Abstand zwischen den Rotationszentren → weniger Konkavität

Abb. 99

Abb. 100:

Der Einfluß des Kondylenbahnneigungswinkels, der Mediotrusion, der vertikalen und horizontalen Laterstrusion, sowie des Intercondylarabstandes auf die Form der Kauflächen (Höckerhöhe, Richtung der Höcker und Fissuren und die Form der Palatinalfrläche der Oberkieferfrontzähne (nach HOCKEL).

Bewegungen der Rotationszentren	Höckerhöhe		Richtung der Wülste und Furchen		Linguale Konkavität der Oberkieferzähne
	Dürfen länger sein	Müssen kürzer sein	OK	UK	
I. Kondylenbahnneigungswinkel (Detrusion)	(Sagittalebene)				Die sagittale Neigung muß größer sein als die Kondylenbahnneigung
größer	x				darf geringer
kleiner		x			muß größer
II. Mediotrusion (side-shift, Bennett)	(Frontalebene)		(Horizontalebene) mehr	mehr	Eckzähne der Arbeitsseite
größer		x	distal	mesial	muß größer sein
kleiner			mesial	distal	darf kleiner sein
III. vertikale Laterotrusion					
Surtrusion		x			muß größer sein
Detrusion	x				darf kleiner sein
IV. horizontale Laterotrusion			(Horizontal Ebene) mehr	mehr	
Protrusion			mesial	distal	muß größer sein
Retrusion			distal	mesial	darf kleiner sein
V. Interkondylarabstand			(Horizontal Ebene) mehr	mehr	
größer			mesial	distal	muß größer sein
kleiner			distal	mesial	darf kleiner sein

Abb. 100

6. Anwendung des STUART-Artikulators in der Praxis

Vergleicht man die Arbeitsabläufe, die beim STUART-Artikulator notwendig sind, um Ober- und Unterkiefermodell einzuartikulieren und den Artikulator individuell einzustellen, mit den Arbeitsabläufen, die bei anderen Artikulatoren notwendig sind, so muß differenziert werden nach Art der Arbeit und den Anforderungen, die Patient und Zahnarzt wechselseitig an sich stellen.

Die Art der Arbeit ist dabei von höherer Wertigkeit. Es ist nicht sinnvoll, eine Einzelkrone im individuell eingestellten STUART-Artikulator anzufertigen. Unbestritten dürfte weiter sein, daß z.B. für die Totalprothetik der GERBER-Kondylator mit Gesichtsbogen das Mittel der Wahl ist. Bei kleineren Brücken im Seitenzahngebiet bei erhaltenen Stützzonen ist ein gut geführter Mittelwertartikulator, wie sie z.B. jetzt durch den Shofu-Handy-Artikulator und dem Atomic-Artikulator von HAGER und WERKEN angeboten werden, mit all seinen Ungenauigkeiten durchaus in der Lage, brauchbare Ergebnisse zu erzielen. Arbeiten so hergestellt, benötigen immer eine sorgfältige Kontrolle nach Fertigstellung im Artikulator und nach Eingliederung im Mund des Patienten.

Bei Versorgungen mit denen die kompletten Stützzonen wieder aufgebaut werden sollen oder bei Rekonstruktionen im Frontzahn- und Eckzahnbereich ist eine Arbeitsweise mit gelenkbezüglich noch besser mit scharnierachsenbezüglich einartikulierten Modellen im teiljustierbaren Artikulator wünschenswert.

Für die Okklusionsanalyse ist diese Arbeitsweise unumgänglich, da zur Feststellung der Frühkontakte der Artikulator die Unterkieferbewegungen möglichst genau wiedergeben soll.

Bei totalen Ober- und Unterkieferrekonstruktionen wird diese Arbeitsweise bessere Ergebnisse, d.h. weniger Korrekturen im Munde des Patienten bringen.

Die Anwendung des STUART-Artikulators ist in diesen Fällen wünschenswert, da mit diesem Gerät eine Okklusionsgestaltung möglich ist, die den individuellen Gegebenheiten des Patienten am besten Rechnung trägt. Der verbreiteten Anwendung dieses Artikulators wird jedoch seine anfangs komplizierte Theorie und Anwendung entgegenstehen.

Um die Anwendungsmöglichkeiten des Gerätes auszuschöpfen, ist von allen an der Behandlung Beteiligten der Wille zum exakten Arbeiten notwendig. Präparation, Abdrucknahme, provisorische Versorgung, Bißnahme und die zahntechnischen Arbeitsgänge müssen in ihrer Genauigkeit und sorgfältigen Ausführung auf die Präzision des Gerätes abgestimmt sein.

7. Zusammenfassung

Ausgangspunkt für diese Arbeit war eine vergleichende Untersuchung über den Kondylenbahnneigungswinkel, der nach verschiedenen Methoden gemessen werden sollte. Dabei zeigte es sich, daß - im Gegensatz zu einer andernorts durchgeführten Untersuchung - die erzielten Werte stark divergierten. Dies war für uns Anlaß, uns generell mit dem Artikulationsproblem auseinanderzusetzen.

Methodisch bedeutete dies, daß eine intensive Beschäftigung mit der Anatomie unerläßlich war. Dazu stellten wir die anatomische Literatur auf diese Thematik hin zusammen und beschrieben die Physiologie der dreidimensionalen Unterkiefergrenzbewegung.

Im folgenden wurde anhand der Entwicklungsgeschichte der Artikulatoren (die z.B. zur Erstellung von Zahnersatz benötigt werden) dargelegt, inwieweit die Widergabe dieser Grenzbewegung mit dem jeweiligen Gerät möglich war oder nicht. Dabei wurde unterschieden nach Mittelwertartikulatoren, teiljustierbaren Artikulatoren und nach individuelleinstellbaren Artikulatoren. Ein individueller Artikulator muß die dreidimensional ablaufende Unterkiefergrenzbewegung, die fast immer bogig verläuft, wiedergaben können. Diese Forderung kann erfüllt werden, wenn die Bewegung des Unterkiefers dreidimensional aufgezeichnet wird und die Aufzeichnung zur Einstellung des Artikulators benutzt wird.

Dieses Funktionsprinzip macht sich der STUART-Artikulator zunutze. Zu diesem Artikulator gehört ein Pantograph, der mit Hilfe von Schreibstiften und Schreibplatten - angebracht in den drei Ebenen des Raumes - die Unterkiefergrenzbewegung dreidimensional aufzeichnen kann. Der Artikulator wird mit Hilfe dieses Pantographen eingestellt.

Da in der deutschsprachigen Literatur keine brauchbare Anleitung zur Benutzung des STUART-Artikulators existiert, haben wir eine ausführliche Beschreibung von Pantograph und Artikulator geliefert, sowie das schrittweise Vorgehen detailliert beschrieben und an Hand von bildlichen Darstellungen ergänzt. Fünf ausgewählte Probandenfälle dienten zur Demonstration des Ergebnisses.

Die Bedeutung der exakten Aufzeichnung der Unterkiefergrenzbewegungen liegt in deren Auswirkung auf die Gestaltung künstlicher Kauflächen. Dazu wurden graphisch einander gegenübergestellt: die Anatomie des Kiefergelenks, die Aufzeichnung des Pantographen, die Einstellung des Artikulators und die jeweiligen Auswirkungen auf Front- und Seitenzähne.

Im letzten Kapitel werden die Bedingungen für einen sinnvollen Einsatz des STUART-Artikulators geschildert, der gerade wegen seiner Präzision als ein Detail der Gesamtbehandlung des Patienten gesehen werden muß.

8. Literaturverzeichnis

BALKWILL — The Best Form and Arrangement of Artifical Teeth for Mastication. Trans. Odont. Soc. G.B. 5, 133 (1866) zitiert aus: Die Geschichte der Zahnheilkunde, Hoffmann-Axthelm

BAUER, A. u. GUTOWSKI, A. — Gnathologie Einführung in Theorie und Praxis Die Quintessenz, Berlin 1975

BENNETT, N.G. — A Contribution to the Study of the Movements of the Mandible. Reprint from 1908 J. prosth. Dent. 8, 41 (1958)

BENNUNGHOFF-GOERTLER — Lehrbuch der Anatomie des Menschen Urban und Schwarzenberg, München u. Berlin 1964

BONWILL, W.G.A.
- The Significance of the Equilateral Triangle. Dent. Items of Int. 21, 617 u. 636 (1899)
- The Geometrical and Mechanical Laws of the Articulation of the Human Teeth. The Anatomical Articulator. Aus: The American System of Dentistry on Treatises. By various Authors. Edited by Wilbur F. Litch Philadelphia, Lea Brothers u. Co. 1887 Vol. II S. 486 ff

CAMPION, G.G. — Some Graphic Records of Movements of the Mandible in the Living Subject (and their Bearing on the Mechanism of the Joint and Construction of Articulators). Dent. Cosmos 47, 39 (1905)

CHRISTENSEN, C.
- A Rational Articulator. Ash's Quarterly (1901)
- Problems of the Bite. Dent. Cosmos 47, 1184 (1905)

CLAYTON
- Graphic Recordings of Mandibular Movements: Research Criteria. J. Prosth. Dent. 25, 287 (1971)
- Pantographic Tracings of Mandibular Movements and Occlusion. J. Prosth. Dent. 25, 389 (1971)

GAUSCH, K. u. KULMER, S. — Erfahrungen mit der Gebißanalyse nach Lauritzen. Dtsch. Zahnärztl. Z. 26, 151 (1971)

GEBRAUCHSANWEISUNG FÜR DANTATUS ARTIKULATOREN Typ ARH, ARL — AB Dentatus Jakobsdalsvägen 14 - 16 S - 126 53 Hägersten, Schweden 1973

GERBER, A.
- Prof. Dr. h.c. Alfred Gysi, geb. am 31. August 1865, sein wissenschaftliches Vermächtnis und wir. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 75, 827 (1965)
- Die Bewegungen des Unterkiefers und deren Wiedergabe im Artikulator Zahnärztl. Welt, 464 - 468 (1950)
- Okklusionsdiagnostik Condylatorservice, 8028 Zürich, Postf. 114 Juli 1970 mit Ergänzungen Oktober 1974
- Okklusionslehre, Okklusionsdiagnostik und Okklusionsbehandlung im Wandel unserer Aspekte Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 80, 447 (1970)

GILLIS, R. — Articulator Development and the Importance of Observing the Condyle Path in Full Denture Prothesis. J. Amer. Dent. Ass. 13, 3 (1926)

GUICHET, N. — Occlusion The Denar Corp. 1970 Anaheim California

GYSI, A.
- The Problem of Articulation. Dent. Cosmos 52, 1 (1910)
- Kieferbewegung und Zahnform. In: Handbuch der Zahnheilkunde, Urban u. Schwarzenberg, Berlin 1929, Bd. IV, S. 15
- An Analysis of the Development of the Articulator J. Amer. dent. Ass. 17, 1401 (1930)
- Artikulation. Aus: Handbuch der Zahnheilkunde, J. F. Bergmann, München 1926

	- Modifikation des Artikulators und der Aufstellregeln für Vollprothesen. Hans Huber, Bern, 1958
	- Beitrag zum Artikulationsproblem. August Hirschwald, Berlin 1908
HANAU, R.L.	- The Relation between Mechanical and Anatomical Articulation. J. Amer. Dent. Ass. 10, 776 (1923)
	- The Laws of Articulation and their Practical Application. Bul. Chicago Dent. Soc. 6, 8 (1925)
	- Full Denture Prothesis - Intraoral Technique for Hanau Articulator Model H. Dent. Outlook, 17, 499 (1930)
HOFFMANN-AXTHELM, W.	Die Geschichte der Zahnheilkunde. Die Quintessenz Berlin 1973
HOFMANN, M.	Totale Prothesen nach dem All-Oral-Verfahren. Carl Hanser, München-Wien 1975
HUFFMANN, Regenos	Principles of Occlusion - Labratory and Clinical Teaching Manual. H&R Press, 2115 Palouse Dr. N.W., RR 6 London, Ohio 43140, Revised 1973
INGERVALL, B.	Retruded Contact Position of Mandible. A Comparison between Children and Adults. Odont. Revy 15, 130 (1964)
KAWAMURA, Y.	- Neuromuscular mechanisms of jaw and tongue movement. J. Amer. Dent. Ass. 62, 545 (1961)
	- Temperomandibularjoint's Sensory Mechanisms Controlling Activities of the Jaw Muscles. J. Dent. Res. 43, 150 (1964) und J. Dent. Res. 46, 135
KOECK, B.	- Die initiale Bennettbewegung - Eine Untersuchung mit dem Denar-Artikulator. Dtsch. Zahnärztl. Z. 29, 997 (1974
	- Der Fischer-Winkel eine klinisch experimentelle Untersuchung. Dtsch. Zahnärztl. Z. 30, 266 (1975)

KÖRBER, K.H.	Zahnärztliche Prothetik. Bd. I und II Georg Thieme Stuttgart 1975
KORNFELD, B.	Mouth Rehabilitation. Bd. I und II C.V. Mosby Company, St. Louis 1974
KROGH-POULSEN, W.	- Die Bewegungsanalyse. Dtsch. Zahnärztl. Z. 21, 877 (1966)
KROGH.POULSEN, W., GOTTLIEB, G., LOUIS, I und IVERSEN, S.	Im Kursus: Disorders Related to Oral Function, Background, Diagnosis, Treatment. Copenhagen, 20.1. - 24.1.1975
LAURITZEN, A.G. u. BODNER, G.H.	- Variations in Location of arbitrary and true hinge axis points. J. Prosth. Dent. 11, 121 (1961)
LAURITZEN, A.G. u. WOLFORD, L.W.	Hinge axis location on an experi- mental Basis. J. Prosth. Dent. 11, 1059 (1961)
dgl.	Occlusal Relationship: The split cast method for articulator techniques. J. Prosth. Dent. 14, 256 (1964)
LAURITZEN, A.G.	Arbeitsanleitung für die Lau- ritzen Technik. 2. Auflage: 1972 Druckerei: Carstens und Homvoc 2 Hamburg 1 Heidenkampsweg 76 b
LEE	Jaw Movements Engraved in Solid Plastic for Articulator Controls. J. Prosth. Dent. 22, 209 u. 513 (1969)
LEHMANN, K.	Einführung in die Zahnersatzkunde. Urban u. Schwarzenberg München 1975
LUCE, L.E.	- The Movement of the Lower Jaw. Boston M. Surg. J. 121, 8 1889
	- Mandibular Movements. Ash's Monthly 921 (1911)

LUCIA, V.
- Centric Relation - Theory and Practice.
J. Prosth. Dent. 10, 849 (1960)
- A Technique for Recording Centric Relation.
J. Prosth. Dent. 14, 492 (1964)
- Modern Gnathological Concepts.
C.V. Mosby Co.
St. Louis 1961

LUNDEEN
Condylar Movement Patters Engraved in Plastic Blocks.
J. Prosth. Dent. 30, 866 (1973)

MEYER, H.G.
Das Kiefergelenk
Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin.
Jahrgang 1865, S. 719 - 731
Verlag von VEIT et comp.

MOBERG
The Pantograph as a Face-Bow Transfer Instrument.
J. Prosth. Dent. 29, 138 (1973)

MOSER, F., MACK, H. und HOLZMANN, F.
Vergleichende Untersuchung der Registrierung nach Swanson-Wipf und der pantographischen Aufzeichnung nach Stuart.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 85, 1250 (1975)

MOTSCH, A.:
Funktionsorientierte Einschleiftechnik für das natürliche Gebiß.
Hauser, München 1978.

NEEDLES, J.W.
- Mandibular Movements and Articulator Design.
J. Amer. Dent. Ass. 10, 927, (1923)
- Mandibular Movements and Occlusion.
J. Amer. Dent. Ass. 14, 786 (1927)

PARFITT, J.B.
A New Anatomical Articulator
Ash's Quarterly (1903)

PHILIPS, G.P.
Graphic Reproduction of Mandibular Movements for Full Denture Construction.
J. Amer. Dent. Ass. 15, 1476 (1928)

POSSELT, U.
- Studies in the Mobility of the Human Mandible.
Acta Odont. Scand.
10 Suppl. 10
1952
- Terminal Hinge Movement of the Mandible.
J. Prosth. Dent. 7, 787 (1957)

	- Physiology of Occlusion and Rehabilitation. Second Edition Blackwell Scientific Publications Oxford 1973
POSSELT, U., MAUNSBACH, O. u. OLSSON, A.	Die Kontrollsockelmethode. Aus: Prothetische Auslese, Schön-Singer, Heidelberg 1973
SARNAT, B.G.	The Temperomandibular Joint. Charles C. Thomas, Publisher Springfield, III. USA 1964
SCHÖN u. SINGER	Prothetische Auslese 3. Auflage Dr. Alfred Hüthig Heidelberg 1973
SCHREIBER, S.	Untersuchung über die Registrierung und Reproduzierbarkeit einer sogenannten Bennettbewegung des Unterkiefers. Dtsch. zahnärztl. Z. 29, 827 (1974)
SCHUYLER, C.H.	Principles employed in full Denture prothesis which may be applied in other fields of dentistry. J. Amer. Dent. Ass. 16, 2045 (1929)
SCHWARZ, L. und CHAYES, Ch.	Fecial Pain and Mandibular Dyafunction. W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto 1968
SEILER, F. und HUPFAUF, L.	Untersuchungen über die Reproduzierbarkeit der terminalen Scharnierachsenpunkte. Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 775 - 780 (1973)
SETZ, D.	Vergleichende Untersuchungen über die Messung der Gelenkbahnneigung. Dtsch. zahnärztl. Z. 26, 187 - 190, (1971)
SNOW, G.B.	The Present Status of the Articular Question. Dent. Digest, 13, 811 (1907)
SOLBERG, W.K., CLARK, G.T.	Reproducibility of Molded Condylar Controls With an Intraoral Registration Method. Part I: Simulated Movement. Part II: Human Jaw Movement. J. Prosth. Dent. 32, 520 (1974) und 33, 60 (1975)

SOLBERG, W.K., CLARK, G.T. — Reproducibility of Molded Condylar Controls With an Intraoral Registration Method.
Part I: Simulated Movement.
Part II: Human Jaw Movement.
J. Prosth. Dent. 32, 520 (1974)und 33, 60 (1975)

STUART, Charles E. and STALLARD, Harvey — Diagnosis of Functional Disease of the Oral Organ
Presented before the Seminar of the Colorado Dental Foundation
Colorado Springs, June, 1950

STUART, Charles E. and STALLARD, Harvey — Diagnosis and Treatment of Occlusal Relations of the Teeth
Presented at the 77th Annual Session, Texas Dental Association, Houston, Texas. Printed in the Texas Dental Journal, August, 1957

STUART, Charles E. — The Growth of Accuracy in Measuring Functional Dimensions and Realations in Oral Prosthesis
Read before the Academy of Denture Prosthetics, Detroit, Michigan, May 8, 1958

STUART, Charles E. and STALLARD, Harvey — Conservation of Natural and Restored Cusps in Organized Occlusion
Presented before the Chicago Dental Society, February 11, 1959

STUART, Charles E. — Why Should Dental Restorations Have Cusps?
Presented before:
The Greater New York Academy of Prosthodontics, December 6, 1958
Greater New York Dental Meeting, December 9, 10, 11, 1958
The American Denture Society, Chicago, February 6, 1959
The American Academy of Crown and Bidge Prosthodontics, Chicago, February 7, 1959
The American Academy of Restorative Dentistry, Chicago, February 8, 1959
The Chicago Dental Society, February 10, 1959

STUART, Charles E. and STALLARD, Harvey — Concept of Centric Relation and Occlusion in Restorative Dentistry
Presented before the Mid-Atlantic Conference in Dentistry,
Buck Hill Falls, Pennsylvania, April 1959

STUART, Charles E. and STALLARD, Harvey. What Kind of Occlusion Shall we give to Toothborne Restorations? Presented before the Mid-Atlantic Conference in Dentistry, Buck Hill Falls, Pennsylvania, April 1959

STUART, Charles E. and STALLARD, Harvey. The Instrumentation of the Condylar Movements Presented before The Mid-Atlantic Conference, Buck Hill Falls, Pennsylvania, April, 1959

STUART, Charles E. and STALLARD, Harvey. Eliminating Tooth Guidance in Organizing Natural Occlusion Presented before the American Academy of Crown an Bridge Prosthodontics, New York, N.Y., September 12, 1959

STUART, Charles E. The Growth of Gnathologic Interest Read before the First International Congress, Mexico City, April 19, 1964

STUART, Charles E. and STALLARD, Harvey. Good Occlusion for Natural Teeth Read before the Pacific Coast Society of Prosthodontists, Berkeley, California, 1962

STUART, Charles E. Toothborne Restorations and Their Occlusion Read before the Periodontic Section, American Dental Association at Miami, Florida, on October 28, 1962

STUART, Charles E. Condylar Determinants to be Found in the Patient and put in the Controls of an Articulator if Cusps Are to be Reproduced on Teeth Correctly Presented during the Midwinter Meeting of the Chicago Dental Society, February, 1962

STUART, Charles E. Divergent Concepts in Case Planning and Treatment Reprinted from The Fortnightly Review of the Chicago Dental Society, September 1, 1962

STUART, Charles E. Accuracy in Measuring Functional Dimensions and Realations in Oral Prosthesis J. Prosth. Dent. 9, 220 - 236 (1959)

SCHUYLER, Clyde H. Fundamental Principles in the Correction of Occlusal Disharmony, Natural and artificial, J. Amer. dent. Ass. 22, 1935

VINCELLI, J. Concept of Normal (Correct) Temperomandibular Joint Anatomy and Temperomandibular Function. aus: Kornfeld, Mouth Rehabilitation. vol. 2, S. 722 St. Louis, 1974

VOSS und HERLINGER Taschenbuch der Anatomie Gustav Fischer Stuttgart Band I, 1958, S. 4

WADSWORTH, F.
- A Practical System of Denture Prothesis Including the Restoration of Anatomical Articulation. Dent. Cosmos 670 (1927)und 760 (1925)
- Mandibular Movements, Occlusion and Correlation of Orthodontia and Prosthodontia. Orthodont. Oral Surg. Int. J. 11, 327 (1925)

WALKER, W.E.
- Prothetic Dentistry: The Glenoid Fossa. The Movements of the Mandible: The Cusps of the Teeth. Dent. Cosmos 38, 34 (1896)
- Movement of the Mandibular Condyles and Dental Articulation. Dent. Cosmos 38, 573 (1896)
- The Walker Physiological Articulator. Dent. Items of Interest 18, 297 (1896)

WEINBERG, L.A.
- An Evaluation of Basis Articulators and Their Concepts, Part I - IV. J. Prosth.Dent.12 622-1054 (1963)

WHIP-MIX Instruktionen für den Gebrauch des Whip-Mix-Artikulators und des schnell montierbaren Gesichtsbogens. Whip-Mix-Corporation 361 Farmington Ave P.O.B. 17183, Louisville, Ky 40217 USA

HÄUPL, K: Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Urban und Schwarzenberg, München, Berlin 1956

Empfehlungen des Arbeitskreises funktionelle Gebißanalyse der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde und der Deutschen Gesellschaft für zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde.
Zahnärztl. Mitt. 13, 669 (1976)

Die wissenschaftliche Leitung dieser Arbeit hatte Herr Prof.Dr. med. dent. K. Lehmann, Zahnmedizinische Klinik der Philipps-Universität Marburg/Lahn.

Das Correferat übernahm Herr Prof.Dr. med. Dr. med. Dent. H.J. Hering, Zahnmedizinische Klinik der Philipps-Universität Marburg/Lahn.

Zeichnungen und Photographien wurden von Frl. A. Kreuzberger, Photoabteilung der Zahnmedizinischen Klinik durchgeführt.

Als Probanden stellten sich Studenten der Zahnheilkunde im vorklinischen Studienabschnitt zur Verfügung.

Für ihre Unterstützung und freundliches Entgegenkommen möchte ich mich bei allen bedanken.

LEBENSLAUF

	Mein Name ist
NAGEL	Meinolf, geboren
1948	am 22.3. in Verl/Kreis Wiedenbrück Sohn des Tischlermeisters Josef Nagel (geb. 24.12.1912 in Dortmund) und seiner Ehefrau Elisabeth, geborene Feldotte (geb. 6.6.1916 in Bornholte).
1954 - 1958	Besuch der St. Anna Volksschule zu Verl
1958 - 1967	Besuch des Progymnasiums in Rietberg bis zur Mittleren Reife und Besuch des Städt. Gymnasiums von Wiedenbrück bis zum Abitur.
1967 - 1973	Studium der Zahnheilkunde an der Zahn-, Mund- und Kieferklinik der Philipps-Universität Marburg an der Lahn
Juli 1973	Abschluß des Studiums mit dem Staatsexamen
August 1973 - Juni 1977	Assistent an der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten in Marburg in den Abteilungen Prothetik, vorklinische Prothetik und Kieferchirurgie
Juli 1977 - November1977	Assistent in der zahnärztlichen Gemeinschaftspraxis Dr. Storch/Toll. Gaggenau
Seit Dezember 1977	Stabsarzt und Leiter der Zahnstation 418 der Kurpfalzkaserne Speyer.

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren Professoren und Dozenten an der Philipps-Universität Marburg:

Amon, Castenholz, Dimroth, Fuchs, Karlson, Koecke, Mahr, Nöth, Petry, Rohen, Rosemann, Walcher,

Dölle, Haan, Goebell, Hort, Keil, Korb, Niemeyer, Riecken, Rupec, Schiff, Seidel,

Bernhardt, Hennis, Hering, Heuser, Janke, Pantke, Pfütz, Schmidt, Schnell.